
Diseño de la distribución de Planta del Área de Maestranza para mejorar la productividad en el servicio de reparación de prensas extrusoras en la Empresa de Ingeniería y Montaje S.A.C.

Design distribution area Maestranza plant to improve productivity in the repair service extruders in engineering and Mount SAC.

Área de distribuição projeto Maestranza planta para melhorar a produtividade nas extrusoras de serviços de reparo em engenharia e Mount SAC.

Junior Príncipe Rodríguez¹, Percy Ruiz Gómez¹, Elías Gutiérrez Pesantes¹, Víctor Calla Delgado²

Resumen

En la presente investigación se realizó un estudio para el diseño de la distribución del Área de Maestranza para mejorar la productividad en los procesos de producción de piezas en la línea de reparación de prensas de harina de pescado dentro de los cuales se encuentran: Soportes, regletas, ejes, portamallas, bujes, bridas, entre otros que fabrica y repara la empresa de metalmecánica EMIMSAC, ubicada en Chimbote. La investigación fue de tipo aplicada y diseño pre-experimental, tomando como población las productividades en inventario en proceso en el Área de Maestranza, Línea de Reparación de Prensas Extrusoras. Asimismo se buscó proponer una distribución por celdas de manufactura para aumentar la productividad de inventario en proceso de dichas piezas elaboradas y/o reparadas en esta área. Se realizó un levantamiento de información para posteriormente realizar el análisis situacional del taller en cuestión (Taller de Maestranza), en la que se encontró que el área tiene distribución por procesos generando una serie de desperdicios que perjudica a la productividad, siendo uno de ellos los tiempos de demora en transporte y distancias largas recorridas, así como la productividad de inventario en proceso, la cual se midió inicialmente dándonos así 0.10 prensas terminadas en el tiempo establecido por cada mil dólares invertidos en inventario en proceso, que luego de la implementación de celdas de manufactura (dos celdas) obtuvimos una productividad de 0.12 prensas terminadas en el tiempo establecido por cada mil dólares invertidos en inventario en proceso, confirmando una mejora en la productividad en inventario en proceso.

Palabras clave: Distribución, celdas de manufactura, productividad en inventario en proceso, tiempos, transporte, distancias.

Abstract

In this research a study for the design of the distribution area maestranza was made to improve productivity in the process of producing parts in the line of presses repair of fishmeal within which include: media, strips, shafts, heald, bushings, flanges, etc. which manufactures and repairs EMIMSAC metalworking company located in Chimbote. The research type was applied and pre-experimental design, based on population productivities in-process inventory in the area of petty, Repair line extruders in engineering and Mount SAC He also sought to propose a distribution manufacturing cells to increase productivity in process inventory of these pieces made and / or repaired in this area. Gathering information was made later to make situational analysis workshop in question (Taller de Maestranza), in which it was found that the area has distribution processes generating a series of waste that harms productivity, one of them delay in transport times and distances traveled, as well as the productivity of in-process inventory, which are initially measured 0.10 presses giving us finished on time for every thousand dollars invested in inventory process, after the implementation of cells Manufacturing (two cells) we obtained a productivity of 0.12 presses completed on time for every thousand dollars invested in inventory process, confirming an improvement in productivity in process inventory.

Keywords: Distribution, manufacturing cells, productivity in process inventory, time, transport distances.

Resumo

Nesta pesquisa foi feito um estudo para o projeto da área de distribuição Maestranza para melhorar a produtividade no processo de produção de peças na linha de prensas de reparação de farinha de peixe no qual incluem: mídia, tiras, eixos, liço, buchas, flanges, etc., que fabrica e conserta EMIMSAC empresa metalúrgica localizada em Chimbote. O tipo de pesquisa foi aplicada e design pré-experimental, com base na produtividade da população em processo de inventário na área de mesquinhos, extrusoras linha de Reparação de engenharia e

¹Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad César Vallejo, Chimbote-Perú, junior147_3@hotmail.com

²Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú.

Mount SAC Ele também procurou propor uma distribuição de células de manufatura para aumentar a produtividade no inventário processo dessas peças feitas e / ou reparados nesta área. Coleta de informações foi feita mais tarde para fazer oficina análise situacional em questão (Taller de Maestranza), no qual constatou-se que a área tem processos de distribuição, gerando uma série de resíduos que prejudica a produtividade, um deles atraso no tempo de transporte e distâncias percorridas, bem como a produtividade de estoque em processo, que são inicialmente mensurados 0,10 prensas dando-nos terminar a tempo para cada mil dólares investidos em processo de inventário, após a implantação de células Manufacturing (duas células) obteve-se uma produtividade de 0,12 prensas concluídas a tempo para cada mil dólares investidos em processo de inventário, confirmando uma melhora na produtividade no inventário processo.

Palavras-chave: *Distribuição, células de manufatura, a produtividade no inventário do processo, tempo, distâncias de transporte.*

Introducción

En la actualidad, la industria metal mecánica afronta el desafío de adecuarse a las exigencias del mundo globalizado. Los países más desarrollados en la rama metalmeccánica del mundo son: Alemania, Japón, China, Estados Unidos y España. Por Latinoamérica en ascenso de competitividad se encuentran: Argentina, Brasil, Chile y Colombia. En el 2012 la CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), dio un crecimiento de 3,7% para la industria metalmeccánica en toda la región incluyendo América latina y el Caribe. Este fue un poco más bajo a comparación de los años anteriores, debido a la crisis en la economía mundial.

Sin embargo, la industria metal mecánica en Latinoamérica tiene expectativas que se concentran en recuperar el mercado perdido por la crisis, consolidar las tasas de crecimiento que se viene experimentando en el sector, aprovechar las oportunidades que se presenten en el mercado internacional y, principalmente, adelantar la reconversión de equipos y los ajustes tecnológicos que le permitan ganar competitividad y atender la nueva demanda, de esta manera podrán contrarrestar el nuevo panorama internacional y local. Es importante mencionar que en el 2014, en Perú, los veinticinco principales productores este sector generan más de US\$1.000 millones anuales en ventas, y que se han unido para crear la Asociación de Empresas Privadas Metal – Mecánicas del Perú (AEPME), el primer gremio representativo de este sector.

Se estima que existen alrededor de 2,600 empresas manufactureras dan empleo a más de 100,000 personas a nivel nacional, siendo el principal centro de producción es el departamento de Lima, que concentra el 70% de los establecimientos siguiendo en orden de importancia los departamentos de Arequipa, La Libertad y Junín. Asimismo, en el departamento de Ancash, distrito Chimbote la fabricación, reparación y repotenciación de prensas de harina de pescado ha crecido en un 20 % siendo este un producto fundamental en la extracción mecánica de agua y aceite del pescado, siendo EMIMSAC, objeto de estudio. El estudio que se plantea responde a una necesidad para la Empresa de Ingeniería y Montaje S.A.C., ya que ésta desea aumentar la productividad en su línea de reparación de prensas extrusoras, en el área de maestranza donde se fabrican piezas tales como: Pines, tuercas, pernos inox, ejes motriz, bujes cónicos, poleas de acero fundido, espirales, bridas, regletas, ejes de transmisión, anillos partidos, todos ellos forman parte del proceso de reemplazo de piezas en esta línea. Debido a que se tienen recorridos largos de movimientos de material, volúmenes altos de inventario en proceso y la última línea antes del embarcar el producto es el Área de Montaje y Desmontaje, y esta operación se encuentra en otra área, con lo cual, lo que se produce en un turno de todas las “líneas de producción” lo envían a montaje y desmontaje terminado, haciendo que esta área parezca “zona de guerra” y como rutina los siguientes días lo terminan de montar. Todo esto genera que la producción de un día (un turno) se queden materiales en proceso más inventario de producto terminado.

Por otro lado, muchas investigaciones sobre distribución de planta se enfocan netamente en el proceso operativo, y no toman demasiada importancia al factor logístico, legal, administrativo. Aun así, hay proyectos como del autor José Alan Rau Álvarez en su tesis titulada “Rediseño de distribución de planta de las instalaciones de una empresa que comercializa equipos de bombeo para agua de procesos y residuales”, con el objetivo principal de obtener una mejora en la distribución racional en la planta de la empresa en estudio que brinde un soporte efectivo para el normal flujo de las operaciones;

utilizando el tipo de estudio aplicado y experimental, ya que utiliza la variable independiente para evaluar ventajas en caso se implementa en la realidad. Toma en cuenta no sólo la distribución del área operativa, ya que el marco teórico incluye las etapas y procesos que intervienen en el diseño propio de una Distribución de Planta y la formulación de la metodología para aplicarlas en las tres áreas principales de la empresa, oficinas administrativas, talleres y almacenes, dado que la empresa se dedica a comercializar; evidenciando así, que la integración en conjunto es muy importante para el bienestar de la organización. La distribución de planta tiene que evaluarse económicamente, muy aparte de los beneficios que pueda conseguir, ya que no es inmediata, y sólo los dirigentes con visión a largo plazo pueden comprender mejor el criterio de esta gran técnica.

Asimismo el siguiente autor Ismael Jesús Pérez Montes de Oca, con su tesis titulada: “Proyecto para incrementar la productividad con el diseño de células de manufactura en el Área de Condensadores en la empresa Etal S.A. teniendo como objetivo mejorar la productividad en el Área de Condensadores con el diseño de células de manufactura. El tipo de estudio es aplicado, experimental. Obteniendo como resultados la implementación del diseño del Área de Condensadores en células de manufactura, la cual trajo un incremento de la producción de 49.42%, aun así no alcanzamos el incremento de la producción esperada del 76.19 %. La diferencia de 26.77 % es lo que hace falta para alcanzar el incremento esperado, pero para absorber esta diferencia se requiere, no solamente de la implementación de células de manufactura, sino de la solución a problemas que giran alrededor de las células de manufactura, que estos problemas se pueden convertir en oportunidades de mejora o en proyecto de mejora, pero que se tienen que tener presentes para futuros trabajos y elevar la producción hasta alcanzar el 76.19 % esperado.

Según Chaese y Aquilano: “La decisión de distribución en planta comprende determinar la ubicación de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los puntos de almacenamiento de una instalación. Su objetivo general es disponer de estos elementos de manera que se aseguren un flujo continuo de trabajo o un patrón específico de tráfico”.

Meyers Fred y Stephens Matthew indican: “La distribución de la planta es el resultado final del proyecto de diseño de la instalación de manufactura. Además de la necesidad de desarrollar nuevas instalaciones de fabricación, las plantas ya existentes experimentan cambios continuos. En promedio, cada 18 meses ocurren redistribuciones importantes en las plantas, como resultado de modificaciones en el diseño del producto, métodos, materiales y proceso”

Principios básicos de la distribución de planta: Con el fin de realizar la ordenación más eficiente, ordenada, segura, económica y satisfactoria para los empleados se deben tener en cuenta:

- Principio de la Integración de Conjunto: Se debe integrar al hombre, materiales, maquinaria, actividades, así como cualquier otro factor, de modo que funcione de forma sincronizada, no solo, en un centro de trabajo sino también para los demás centros de trabajo que interactúan con el mismo.
- Principio de la Mínima Distancia Recorrida: Se deben disminuir las distancias de recorrido tanto del material como de los trabajadores por lo que la mejor distribución va a ser la que optimice estos recorridos.
- Principio de la Circulación o Flujo de Materiales: La distribución debe ordenar las áreas de trabajo de tal manera que cada operación o proceso se realice en forma progresiva, estando en la misma secuencia en que se transforma o montan los materiales, evitando retrocesos, sin implicar esto que siempre deba existir un desplazamiento en línea recta ni en una sola dirección.
- Principio del Espacio Cúbico: Se debe aprovechar de modo efectivo todo el espacio disponible (las tres dimensiones), para maquinaria, materiales y trabajadores.
- Principio de la Satisfacción y de la Seguridad: La distribución debe propender a que el trabajo sea más satisfactorio y seguro para los productores y trabajadores. La distribución nunca puede ser efectiva si se somete a los trabajadores a riesgos o accidentes.
- Principio de la Flexibilidad: La distribución más adecuada es aquella que pueda ser ajustada o reordenada con menos costos o inconvenientes según lo requerido por la empresa y los trabajadores.

Tipos de distribución en planta:

Distribución por Posición Fija: El material permanece en situación fija y son los hombres y la maquinaria los que confluyen hacia él. Ejemplo: Montajes de calderas, en edificios, barcos, torres de tendido eléctrico y, en general, montajes a pie de obra.

Distribución por Proceso: Las operaciones del mismo tipo se realizan dentro del mismo sector. Ejemplo: Taller de fabricación mecánica, en el que se agrupan por secciones: tornos, fresadoras, taladradoras, etc.

Distribución por Producto: El material se desplaza de una operación a la siguiente sin solución de continuidad (Líneas de producción, producción en cadena). Ejemplo: Instalación para decapar chapa de acero.

Distribución por Células de Trabajo: Es un híbrido de las distribuciones en planta por proceso y por producto. Se basa en la agrupación de productos con las mismas características en familias y asigna grupos de máquinas y trabajadores para la producción de cada familia (Célula).

Agrupar máquinas diferentes en centros de trabajo (o celdas), para trabajar sobre productos que tienen formas y necesidades de procesamiento similares. La T.G., se parece a la distribución por proceso, ya que se diseñan las celdas para realizar un conjunto de procesos específicos. También es semejante a la distribución por producto, pues las celdas se dedican a una gama limitada de productos. Ejemplo: manufactura de circuitos impresos para computador, confecciones.

Algoritmo de Tecnología de Grupo: En la actualidad se han desarrollado algoritmos para la formación de grupos de máquinas y para la formación y asignación de familias de partes a grupos de máquinas. Es importante mencionar que los algoritmos aquí presentados son heurísticos y no garantizan soluciones óptimas para la formación de familias de partes y de máquinas.

El paso inicial para resolver cualquier problema de tecnología de grupos es crear la matriz de incidencia o matriz de componente – máquina. Dicha matriz, es aquella que relaciona las máquinas con los componentes a producir. Entonces la matriz de incidencia: M , representa en su posición M_{ij} el uso o no de una máquina en la producción de un componente. Esto es, $M_{ij} = 1$ significa que la parte j es procesada por la máquina i , y $M_{ij} = 0$, lo contrario.

El proceso que siguen los algoritmos de agrupación consiste en manipular la matriz de incidencia de tal forma que se formen “clústeres” o zonas donde todas las posiciones sean 1s (unos). Las posiciones $M_{ij} = 1$ de un clúster representan familias de partes a ser procesadas por una celda de manufactura (grupo de máquinas).

Rank-Order Clustering Algorithm: También llamado algoritmo de King, en honor a su autor quien lo presentó en 1979. El presente algoritmo es una manera sencilla de formar grupos y asignar familias de partes a esos grupos. Se tiene un problema con n partes y m máquinas. El algoritmo consiste en calcular valores para ponderar cada fila, que se llamarán pesos, ordenar filas, calcular pesos para cada columna y ordenar columnas hasta que no se pueda ordenar más. Al final se obtiene la matriz de incidencia ordenada, con patrones casi definidos para determinar la creación de los grupos. Algunas veces es fácil identificar los grupos con sólo observar la matriz, pero cuando no existe tal patrón, se debe acudir a alguna técnica que ayude a identificar los grupos.

Metodología de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta: Esta metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza. Fue desarrollada por Richard Muther en 1961 como un procedimiento sistemático multicriterio, igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes.

A continuación se describe de forma general los pasos del procedimiento:

- Paso 1: Análisis Producto-Cantidad: Lo primero que se debe conocer para realizar una distribución en planta es qué se va a producir y en qué cantidades, y estas previsiones deben disponer para cierto horizonte temporal. A partir de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio. En cuanto al volumen de información, pueden presentarse

situaciones variadas, porque el número de productos puede ir de uno a varios miles. Si la gama de productos es muy amplia, convendrá formar grupos de productos similares, para facilitar el tratamiento de la información, la formulación de previsiones, y compensar que la formulación de previsiones para un solo producto puede ser poco significativa.

- Paso 2: Análisis del recorrido de los productos (Flujo de Producción): Se trata en este paso de determinar la secuencia y la cantidad de los movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante su procesado. A partir de la información del proceso productivo y de los volúmenes de producción, se elaboran gráficas y diagramas descriptivos del flujo de materiales (Diagrama OTIDA, Diagrama de acoplamiento, Diagrama As-Is, Cursogramas analíticos, Diagrama multiproducto, Matrices origen- destino, Diagramas de hilos, Diagramas de recorrido).

- Paso 3: Análisis de las relaciones entre actividades: Conocido el recorrido de los productos, debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los medios auxiliares, los sistemas de manipulación y los diferentes servicios de la planta. Estas relaciones no se limitan a la circulación de materiales, pudiendo ser ésta irrelevante o incluso inexistente entre determinadas actividades. La no existencia de flujo material entre dos actividades no implica que no puedan existir otro tipo de relaciones que determinen; por ejemplo, la necesidad de proximidad entre ellas; o que las características de determinado proceso requieran una determinada posición en relación a determinado servicio auxiliar. El flujo de materiales es solamente una razón para la proximidad de ciertas operaciones unas con otras.

- Paso 4: Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades: La información recogida hasta el momento, referente tanto a las relaciones entre las actividades como a la importancia relativa de la proximidad entre ellas, es recogida en el Diagrama Relacional de Actividades. Éste pretende recoger la ordenación topológica de las actividades en base a la información de la que se dispone. De tal forma, en dicho grafo, los departamentos que deben acoger las actividades son adimensionales y no poseen una forma definida.

- Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios: El siguiente paso hacia la obtención de alternativas factibles de distribución es la introducción en el proceso de diseño, de información referida al área requerida por cada actividad para su normal desempeño. El planificador debe hacer una previsión, tanto de la cantidad de superficie, como de la forma del área destinada a cada actividad.

- Paso 6: Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios: El Diagrama Relacional de Espacios es similar al Diagrama Relacional de Actividades presentado previamente, con la particularidad de que en este caso los símbolos distintivos de cada actividad son representados a escala, de forma que el tamaño que ocupa cada uno sea proporcional al área necesaria para el desarrollo de la actividad.

- Paso 7: Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución: Una vez desarrolladas las soluciones, hay que proceder a seleccionar una de ellas, para lo que es necesario realizar una evaluación de las propuestas, lo que nos pone en presencia de un problema de decisión multicriterio. El método más substancial para evaluar las Distribuciones de Planta es el de comparar costos. En la mayoría de los casos, si el análisis de costos no es la base principal para tomar una decisión, se usa para suplementar otros métodos de evaluación. Las dos razones principales para efectuar un análisis de costos son: Justificar un proyecto en particular y comparar las alternativas propuestas. El preparar un análisis de costos implica considerar los costos totales involucrados o solo aquellos costos que se afectarán por el proyecto.

Por otro lado Martínez indica: “La productividad es un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios; traducida en una relación entre recursos utilizados y productos obtenidos, denotando además la eficiencia con la cual los recursos -humanos, capital, conocimientos, energía, etc.- son usados para producir bienes y servicios en el mercado.”

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT): “Los productos son fabricados como resultados de la integración de cuatro elementos principales: Tierra, capital, trabajo y organización. La relación de estos elementos es una medida de la productividad. Un concepto más conocido es la

tradicional relación entre insumos y resultados, sin embargo para algunos autores esto no es suficiente”.

Carballal del Río, Esperanza dice “Si analizamos la palabra “Productividad” la podremos descomponer en los dos términos que la componen: “Productividad y Actividad”. Esto es lo que ha conllevado durante muchos años a la creencia de que este concepto está asociado únicamente a la actividad productiva de la empresa y ha limitado su utilización en otras áreas que no clasifican como tal”.

La productividad es un indicador que mide la relación entre los resultados logrados y los recursos utilizados. Refiriéndose a este concepto, Niebel (2004) lo expresa “como la relación de la producción real de un operario a la producción estándar”.

El concepto de productividad implica, de una parte, la interacción entre los distintos factores en la estación de trabajo; por otra parte, la producción obtenida o el resultado logrado está relacionado con la magnitud de los insumos o los recursos utilizados; por ejemplo: La cantidad de horas trabajadas, la cantidad de material utilizado, el capital de trabajo utilizado. Consecuentemente, los índices de productividad están sujetos a la participación de una serie combinada de factores de producción. La utilización de estos factores, corresponden, entre otros a: La cantidad, calidad y especificaciones técnicas de los materiales, la escala de las operaciones, el nivel de utilización de la capacidad efectiva de trabajo, la disponibilidad y calidad de la mano de obra, la gestión y acciones de motivación y capacitación, el diseño de las operaciones y procesos, el control de la puesta en práctica.

La productividad evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que aprovechan los recursos utilizados, es decir, el valor agregado. Una mayor productividad utilizando los mismos recursos o produciendo los mismos bienes o servicios resulta en una mayor rentabilidad para la empresa. Por ello, el Sistema de Gestión de la Calidad de la empresa trata de aumentar la productividad

El desarrollo de la productividad en las empresas es un concepto que se utiliza para contribuir a la mejora de la productividad mediante el estudio y discusión de los factores determinantes de la productividad y de los elementos que intervienen en la misma.

Sumanth (1990) se refiere a tres tipos básicos de productividad:

1. Productividad parcial: Es la razón entre la cantidad producida y un solo tipo de insumo, que puede ser mano de obra, capital, materia prima, etc.
2. Productividad de factor total: Es la razón de la producción neta con la suma asociada con los factores de mano de obra y capital. Por “producción neta” se entiende producción total menos servicios y bienes intermedios comprados.
3. Productividad total: Es la razón entre la producción total y la suma de todos los factores de insumo.

Como lo menciona la Oficina Internacional del Trabajo, OTI (2002) “desde el punto de vista de producción, el tiempo de fabricación de un producto puede aumentar debido a una mala planeación del mismo, por el mal funcionamiento del proceso o por el tiempo improductivo agregado en el transcurso de su producción o la mala organización de las actividades de los trabajadores. Pero una vez conocida la existencia del tiempo improductivo así como sus causas es necesario tomar medidas para eliminarlo o reducirlo”.

Suministros: La existencia de materia prima, productos en proceso y productos terminados en los almacenes respectivos, se justifica por la necesidad de tener una protección adecuada para la producción o distribución. Pero no es conveniente tampoco tener grandes cantidades de materias primas o producto terminado por los riesgos que se corren: Pérdidas, robos, incendios, obsolescencia, etc. Debe hacerse un estudio técnico y económico para determinar el punto de equilibrio de los riesgos que supone la existencia en los almacenes.

La distribución de planta viene cobrando relevancia entre las pymes interesadas en mejorar su productividad y competitividad. En estas empresas la distribución y la ubicación de las máquinas y equipos está ligada al origen y evolución de las firmas. Generalmente, las pymes comienzan a trabajar en una propiedad no preparada para la actividad industrial o una planta nueva.

Y en estos tiempo de cambio, de globalización, las empresas se han visto con la obligación de responder a una necesidad como es la que tiene la Empresa de Ingeniería y Montaje S.A.C., ya que ésta desea aumentar la productividad en su línea de reparación de prensas extrusoras, en el Área de Maestranza, donde se fabrican piezas tales como: Pines, tuercas, pernos inox, ejes motriz, bujes cónicos, poleas de acero fundido, espirales, bridas, regletas, ejes de transmisión, anillos partidos, todos ellos forman parte del proceso de reemplazo de piezas en esta línea. Por esta razón se elabora este proyecto de tesis titulado: “Diseño de la distribución de Planta del Área de Maestranza para mejorar la productividad en el servicio de reparación de prensas extrusoras en la Empresa de Ingeniería y Montaje S.A.C.”; ya que dicha empresa no escapa a esta realidad.

Materiales y métodos

Se utilizó la metodología pre experimental de pre y post prueba con un solo grupo. El diseño supone tres momentos, primero una medición previa de la variable dependiente a ser estudiada (pre test), luego la aplicación de la variable independiente (Distribución de planta) o experimental X a los sujetos Y (Productividad). Por ultimo realizar una nueva medición de la variable dependiente en los sujetos (post test). Siguiendo el siguientes esquema: (G: O1 –X– O2), Donde: G: Grupo experimental al cual se les proporciona el modelo y la propuesta sobre el Diseño de Distribución del Área de Maestranza; O1: Pre-Test, datos basados en las productividades en inventarios en proceso inicial dentro de la situación actual que conlleva, en referencia a los criterios de su distribución actual, antes de la propuesta de implementación; X: Diseño de la distribución de planta y O2: Pro- Test, basados en las productividades en inventarios en proceso final sobre la situación que se podría en caso se llegue a realizar la implementación del diseño de distribución propuesto.

El muestreo que se utilizó fue de tipo No probabilístico para cada muestra por estrato obtenido. Se selecciona a la data de accidentes en el Área de Conservas, Línea de Reparación de prensas extrusoras en la Empresa de Ingeniería y Montaje S.A.C.

Solo se excluye al registro productividades en inventario en proceso en el Área de Maestranza, Línea de Reparación de Prensas Extrusoras de los años anteriores al 2015.

Para la recolección de datos se realizó mediante; la investigación bibliográfica a través de: Fichas bibliográficas y formato DAP, para poder identificar los procesos, actividades de cada estación dentro del taller de maestranza, a fin de realizar la evaluación de la situación actual del área en estudio en cuanto a si distribución actual. Así también se utilizó la técnica de recopilación de datos históricos, específicamente de las productividades en inventario en proceso del año 2014. Luego de finalizar cada proyecto piloto se realiza el cálculo con los nuevos tiempos de producción para medir la productividad en inventario final con el diseño de distribución implementado.

Para poder validar y medir la fiabilidad de las preguntas redactadas en la entrevista al jefe de taller y jefe de operaciones (instrumento de recolección de datos), se sometió a evaluación y aprobación de tres jurados calificados y expertos en el tema.

Resultados

Para realizar la propuesta de diseño de distribución se analizó la distribución actual de toda planta y la ubicación del Área de Maestranza, así como la cantidad de piezas a procesar y/o reparar dentro ella.

En este punto se pasó a analizar la condición actual del Área de Maestranza en el tema de su distribución y su repercusión en el servicio de reparación de prensas extrusoras, realizando una recolección de datos general con el diagrama analítico del proceso de reparación de prensas extrusoras general perteneciente al primer objetivo. De acuerdo a la recolección de datos se obtuvo un layout de toda la planta (Ver Fig.1)

Asimismo contribuyendo con el segundo objetivo se realizó un análisis situacional del Área de Maestranza, en el cual se describe las deficiencias tales como, regresos y cruces de materiales en proceso, problemas al combinar otro producto a fabricar, demasiado material en proceso se equivocan en las partes a usar, producto defectuoso se guarda y cuantifica para detectar las fallas y mejorar el proceso, las líneas están alineadas pero no están en flujo continuo del producto, entre otros que existe del taller con respecto a la distribución de sus estaciones la cuales se encuentran organizadas por procesos, dentro de ellas tenemos: Fresadoras universales (Fresado), cepillos de codo (Cepillado),

tornos horizontales medianos (Torneado), roladora (Doblado), máquinas de soldar (Soldadura), tornos horizontales grandes (Torneado y rectificado), mandriladora (Mandrilado y rectificado), taladro tipo columna (Perforado), taladros tipo radial (Perforado) y sierra eléctrica (Habilitado). Se puede ver la distribución actual en un diagrama bloques del taller de maestranza en la Fig. 2 y su layout en la Figura 3.



Figura N° 01: Layout distribución actual de la planta.

S A L I D A	FRESADO (FRESADORAS)	CEPILLADO (CEPILLOS DE CODO)	TORNEADO (TORNOS H. MEDIANOS)	DOBLADO (ROLADORA)	ALMACÉN M.P.	SOLDADURA (MÁQUINAS DE SOLDAR)
	HABILITADO (SIERRA ELÉCTRICA)	PERFORADO (TALADROS TIPO RADIAL)	PERFORADO (TALADRO TIPO COLUMNA)	MANDRILADO (MANDRILADORA)		TORNEADO (TORNOS H. GRANDES)
					ALMACÉN P. P.	

Figura N° 02: Diagrama de bloques de la distribución del Taller de Maestranza.

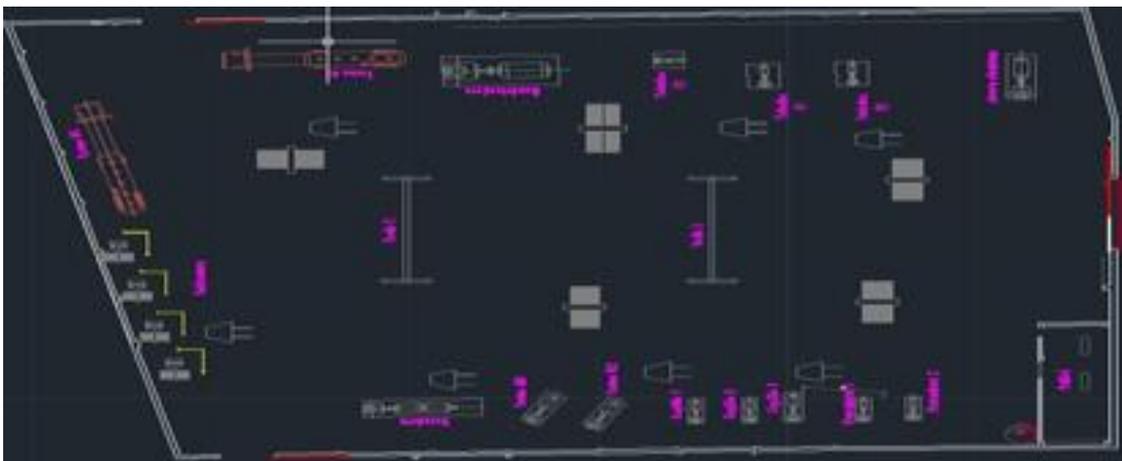


Figura N° 03: Layout del Taller de Maestranza (distribución actual).

Por lo tanto, es conveniente, aumentar la productividad del Área de Maestranza, ya que al disminuir la cantidad a producir, se tiene la opción de bajar costo de mantenimiento del inventario en proceso de estas piezas metálicas al mejorar el proceso.

A continuación se presentan fotos de la situación de las líneas de ensamble de la fabricación de condensadores antes de la implementación de células de manufactura:



Figura N°4. Líneas de producción actualmente en el Área de Maestranza.

Posteriormente se realizó una lista de las piezas que fabrican y/o reparan en esta área (ver Tabla N°1)

Tabla N°1. Lista de piezas en proceso.

N° DE PIEZA	PIEZAS EN PROCESO
1	Soportes triangulares
2	Regletas de ajuste
3	Cuadernas superiores e inferiores
4	Portamallas
5	Templadores
6	Trinquetes
7	Cunas de rodaje
8	Tapas de rodaje
9	Eje motriz
10	Eje muñón
11	Eje de cola de Tornillos extrusores
12	Rectificado de tornillos extrusores
13	Bridas
14	Pines bisagra
15	Polea conducida
16	Polea motriz
17	Bujes
18	Mecanizado de Caja Reductora
19	Soporte de chumaceras

Luego se realizó un diagrama analítico de operaciones de cada pieza, dándonos como resultado una tabla con las distancias recorridas y los tiempos de transporte excesivos, y se presenta de esta manera:

Tabla N°2. Resumen del Diagrama Analítico de procesos de piezas reparadas y/o fabricadas.

ITEM	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	TIEMPO (Min.)	DISTANCIA (Mtrs.)
1		Operación	6754	
2		Inspección	50	
3		Transporte	409	1513
4		Almacenamiento	0	
5		Operación Combinada	14820	
6		Demora	1573	
TOTAL			23605	1513

Se muestra un consolidado del total de los tiempos y de las distancias recorridas durante la reparación de las piezas en el proceso de reparación de prensas de harina pescado donde el tiempo total de operación fue 6754 minutos, en inspección fue 50 minutos, en transporte fue 409 minutos, en operaciones combinadas fue 14820 minutos y en demoras fue 1573 minutos, sumando un tiempo total de 23605 minutos. Asimismo se determinó un total en distancias recorridas durante todo el proceso siendo ésta de 1513 metros.

Luego se procedió a realizar la medición de la productividad en inventario en proceso del año 2014 de acuerdo a los datos históricos. Para ello se estimó la cantidad de piezas fabricadas y/o fabricadas con su costo por artículo, durante el último año (Ver Tabla N°3).

Tabla N°3. Cantidad de piezas fabricadas y/o reparadas por año y costo por unidad durante el año 2014.

Ítem	Descripción	Unidades u	Costo por artículo C
1	Soportes triangulares	97	1114
2	Regletas de ajuste	175	993
3	Cuadernas superiores e inferiores	357	1163
4	Portamallas	531	799
5	Templadores	60	517
6	Trinquetes	1499	93
7	Cunas de rodaje	99	3233
8	Tapas de rodaje	241	1213
9	Eje motriz	13	2015
10	Eje muñón	28	2708
11	Eje de cola de Tornillos extrusores	26	1923
12	Rectificado de tornillos extrusores	25	2169
13	Bridas	28	1323
14	Pines bisagra	577	81
15	Polea conducida	14	631
16	Polea motriz	13	669.2
17	Bujes	25	631
18	Mecanizado de Caja Reductora	13	5400
19	Soporte de chumaceras	13	1315

Luego se estimó el tiempo de ejecución del proceso de cada pieza metálica fabricada y/o reparada de acuerdo al diagrama de operaciones de cada una de éstas en el Área de Maestranza. Además se halló el tiempo de ejecución en años mediante la fórmula siguiente:

Tiempo de Ejecución Anual

$$T_a = \frac{T_d}{300}$$

Donde:

T_d: Tiempo de ejecución en días.

Tabla N°4. Tiempos de ejecución en días y años de las piezas fabricadas y/o reparadas durante el año 2014.

Ítem	Descripción	Tiempo de ejecución (días)	Tiempo de ejecución (años)
1	Soportes triangulares	16	0.05
2	Regletas de ajuste	35	0.12
3	Cuadernas superiores e inferiores	76	0.25
4	Portamallas	206	0.69
5	Templadores	23	0.08
6	Trinquetes	533	1.78
7	Cunas de rodaje	44	0.15
8	Tapas de rodaje	50	0.17
9	Eje motriz	35	0.12
10	Eje muñón	81	0.27
11	Eje de cola de Tornillos extrusores	38	0.13
12	Rectificado de tornillos extrusores	291	0.97
13	Bridas	71	0.24
14	Pines bisagra	62	0.21
15	Polea conducida	39	0.13
16	Polea motriz	34	0.11
17	Bujes	17	0.06
18	Mecanizado de Caja Reductora	106	0.35
19	Soporte de chumaceras	65	0.22

A continuación se estableció el WACC o porcentaje del costo de mantener inventario que fue de 11%, además se tuvieron que hallar los siguientes indicadores para poder llegar a la productividad de mantener inventario en proceso:

Costo anual de mantener inventario

$$H = i \times C$$

Donde:

i: Porcentaje del costo de mantener inventario o WACC.

C: Costo por artículo

Costo anual de mantener inventario promedio

$$H_p = \frac{H \times (u)}{2}$$

Donde:

H: Costo Anual de Mantener Inventario de piezas en proceso.

C: Unidades producidas por año

Tabla N°5. Costos Anuales de mantener inventario de piezas en proceso y costos anuales de mantener inventario de piezas en proceso promedio durante el año 2014.

Ítem	Descripción	% de Costo anual de mantener inventario en proceso	Costo anual de mantener inventario en proceso	Costo anual de mantener inventario proceso promedio (\$)
1	Soportes triangulares	11%	122.54	5.94
2	Regletas de ajuste	11%	109.23	9557.63
3	Cuadernas superiores e inferiores	11%	127.93	22835.51
4	Portamallas	11%	87.89	23334.80
5	Templadores	11%	56.87	1706.10
6	Trinquetes	11%	10.23	7667.39
7	Cunas de rodaje	11%	355.63	17603.69
8	Tapas de rodaje	11%	133.43	16078.32
9	Eje motriz	11%	221.65	1440.73
10	Eje muñón	11%	297.88	4170.32
11	Eje de cola de Tornillos extrusores	11%	211.54	2750.00
12	Rectificado de tornillos extrusores	11%	238.59	2982.38
13	Bridas	11%	145.53	2037.42
14	Pines bisagra	11%	8.91	2570.54
15	Polea conducida	11%	69.41	485.87
16	Polea motriz	11%	73.61	478.48
17	Bujes	11%	69.41	867.63
18	Mecanizado de Caja Reductora	11%	594.00	3861.00
19	Soporte de chumaceras	11%	144.65	940.23
				121373.93

Se muestra en el cuadro anterior el costo anual de mantener inventario en proceso de cada pieza y a su vez el costo de mantener inventario en proceso promedio por pieza, dándonos un capital invertido en inventario en proceso de 121373.93 dólares durante el año 2014.

En la Tabla N°5 se presentan las productividades de inventario de piezas en proceso de cada pieza fabricada y/o reparada durante el año 2014, que además se halló con la siguiente fórmula:

Productividad de Inventario en Proceso

$$P_h = \frac{(u)}{H_p \times T_a}$$

Tabla N°6. Productividades de inventarios de piezas en proceso del año 2014.

Ítem	Descripción	Productividad de inventario (und/S)
1	Soportes triangulares	0.30
2	Regletas de ajuste	0.16
3	Cuadernas superiores e inferiores	0.06
4	Portamallas	0.03
5	Templadores	0.47
6	Trinquetes	0.11
7	Cunas de rodaje	0.04
8	Tapas de rodaje	0.09
9	Eje motriz	0.08
10	Eje muñón	0.03
11	Eje de cola de Tornillos extrusores	0.07
12	Rectificado de tornillos extrusores	0.01
13	Bridas	0.06
14	Pines bisagra	1.09
15	Polea conducida	0.22
16	Polea motriz	0.24
17	Bujes	0.52
18	Mecanizado de Caja Reductora	0.01
19	Soprote de chumaceras	0.06
		0.10

Finalmente se halló la productividad inicial de inventario de piezas en proceso total del proceso de reparación de prensas extrusoras durante el año 2014 con este indicador:

$$\text{Productividad inicial de inventarios en proceso} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de reparaciones terminadas en el plazo} \times 100 \times 1000 \text{ dólares}}{\text{Capital invertido en inventarios en proceso}} = \frac{12 \times 100 \times 1000}{121373.93} = 0.10 \text{ prensas por cada mil dólares invertidos en inventario o 10000 dólares invertidos en inventario para reparar una prensa.}$$

Se procedió con la realización del cuarto objetivo, que de acuerdo con el diagnóstico inicial se detectó que no se está realizando un proceso continuo para el montaje final sobreproducción, esperas, transportes demasiado largos, proceso discontinuo con cruces y retornos de material, demasiado inventario en proceso (stocks), demasiados movimientos al existir discontinuidad en los procesos, defectos de producto al haber equivocaciones de materiales de otro producto, demasiadas inspecciones. Se optó por corregir y mejorar el proceso con la implementación de células de manufactura, procesos en líneas con lo cual se logrará que el proceso sea de flujo continuo y se tenga la producción de pieza a pieza, sin obtener ningún desperdicio, con esto reducir la duración del proceso (lead time), disminuir los movimientos de material, reducir el inventario en proceso, aumentar la productividad del proceso de reparación de prensas extrusoras, lograr un proceso ordenado, de tal forma que se dio inicio con el proyecto del diseño de células de manufactura que es una técnica o herramienta de la manufactura esbelta.

Como primer paso se analizaron los flujos de producción entre estaciones generando una serie de desperdicios antes mencionados producidos por los movimientos intercelulares que existe en el Taller de Maestranza (Ver Figura 5).

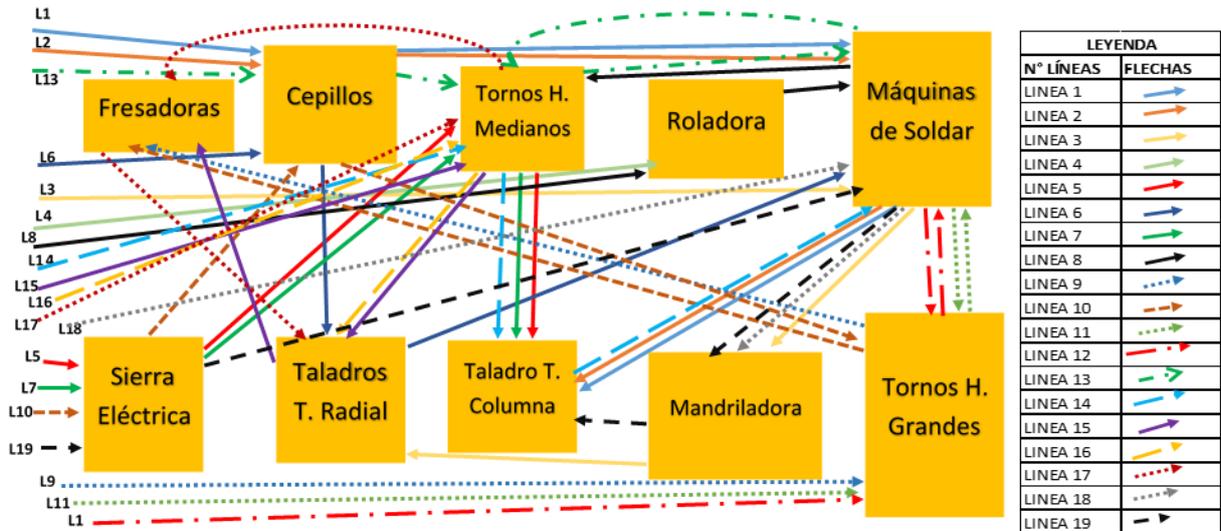


Figura N°5. Diagrama de recorridos de cada pieza reparada y/o fabricada en el Taller de Maestranza.

También se realizó diagrama relacional de áreas (Figura 6) se evalúa en base a la relación de la proximidad, tomando como base las frecuencias de interacción entre cada área. Datos que fueron hallados calculando la media de traslados de una estación a otra dentro del Taller de Maestranza. Estos valores están representados en la tabla – Calificación de Proximidad entre áreas (Tabla N°7), donde se encuentra una sección de Líneas de Diagrama, necesarios para elaborar el Diagrama de Hilos (Figura 7) posterior. Es como una pequeña micro localización, para poder calcular posteriormente el costo de cargas por metro, dato que nos servirá para poder evaluar la implementación de las células de manufactura.

ALMACÉN M. P.	0									
FRESADORAS	5									
CEPILLOS	2	7								
TORNOS H. MEDIANOS	0	0	4	5						
ROLADORA	8	3	2	0	0	0	0			
MÁQUINAS DE SOLDAR	0	0	0	0	0	0	6	0	7	
TORNOS H. GRANDES	4	0	7	4	12	2	0	0		
MANDRILADORA	0	3	8	4	4	0	0	0		
TALADRO TIPO COLUMNA	1	0	1	0	0	0	0	0		
TALADROS TIPO RADIAL	3	0	0	0	0	0	0	0		
SIERRA ELÉCTRICA	0	0	0	0	0	0	0	0		

Figura N°6. Diagrama de relaciones de cargas al mes en el Taller de Maestranza.

Tabla N°7. Clasificación de proximidades entre estaciones.

Frecuencia Promedio de traslado de cargas por mes	Líneas de Diagrama	Relación
12 - 9	4 Rectas	Absolutamente necesario
8 - 5	3 Rectas	Muy importante
5 - 3	2 Rectas	Importante
2 - 1	1 Rectas	Cercanía normal
1 - 0	Recta Interlineada	No es imposible

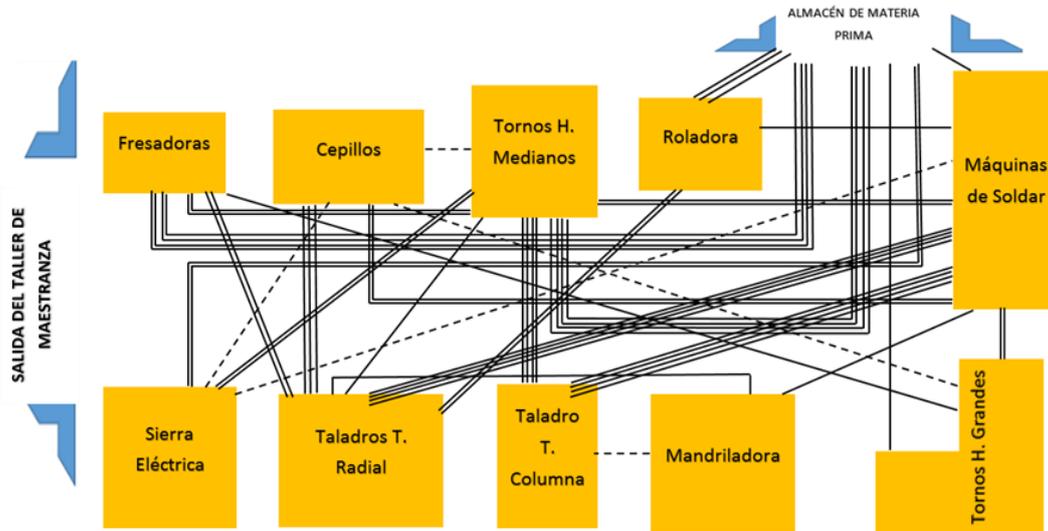


Figura. 7. Diagrama de Hilos de carga al mes en el Taller de Maestranza.

Existen varios métodos de redes neuronales para la formación de celdas. La mayoría de ellos o las técnicas de redes neuronales utilizan cualquier tipo de aprendizaje competitivo. Para este estudio se decidió aplicar la metodología del algoritmo heurístico o también llamado “Algoritmo de King”, consiste en el análisis de piezas semejantes en geometría y/o procesos de manufactura para posteriormente analizarlas en una matriz.

Dentro del análisis del algoritmo de agrupación de King como primer paso se procedió hacer un matriz de relación entre procesos y/o estación con las piezas reparadas que se pueden apreciar en la Tabla N°8.

Como se aprecia en la Tabla N°9 las familias de piezas están asociadas a máquinas por medio del número 1, lo cual significa que la(s) pieza(s) requieren de esa(s) máquina(s) para ser manufacturadas, de tal manera que habrán piezas que requieran de las mismas máquinas para ser producidas, aunque estas piezas tengan poca semejanza geométrica. Para la obtención final de las posibles celdas candidatas a implantar, la matriz inicial se la matriz a varias iteraciones matemáticas, dando como resultado que las familias de piezas y las máquinas estén agrupadas en base al proceso de manufactura que estas requieren para su producción formándose así posibles celdas; las familias de piezas que se muestran, fueron seleccionadas en base a la máxima cantidad de procesos por la cual pasa para su producción, los datos fueron proporcionados por la empresa. Cabe mencionar que este análisis sólo se utilizará como referencia debido a que es efectivo para una cantidad limitada de piezas, es por ello, que no se tomó como único criterio de formación de celdas y se tuvo que utilizar metodologías complementarias para obtener un mejor resultado en la formación de celdas.

Tabla N°8. Descripción pieza - proceso.

		MATRIZ DE INCIDENCIA																		
		Orden		Componente																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Orden	MaqComp	Superficies triangulares	Regletes de ajuste	Cuaderns superiores e inferiores	Portamallas	Templadores	Trinquetes	Cunas de rodaje	Tapas de rodaje	Eje motriz	Eje muñon	Eje de cola de extractores	Rectificado de extractores	Bridas	Pines bisagra	Poles conductiva	Poles motriz	Bujes	Mecanizado de Caja Reductora	Soporte de chumaceras
1	CEPILLOS	X	X				X				X							X		
2	TORNOS HORIZONTALES GRANDES									X	X	X	X							
3	TORNOS HORIZONTALES MEDIANOS					X		X	X						X	X	X	X	X	
4	MÁQUINAS DE SOLDAR	X	X	X			X			X		X	X	X	X				X	X
5	TALADROS RADIAL			X	X		X				X			X			X	X	X	
6	TALADROS COLUMNA	X	X			X		X						X						X
7	FRESADORAS UNIVERSALES									X	X						X	X		
8	MANDRINADORA			X															X	X
9	SIERRA ELÉCTRICA					X		X		X										X
10	ROLADORA				X				X											X

Tabla N°9. Colocación del Matriz Unitario según pieza – proceso.

		MATRIZ DE INCIDENCIA																		
Orden	Maq/Comp	Componente																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		Soportes triangulares	Regletas de ajuste	Cuaderns superiores e inferiores	Portamallas	Templadores	Trinquetes	Cunas de rodaje	Tapas de rodaje	Eje motriz	Eje muñon	Eje de cola de Tornillos extrusores	Rectificado de tornillos extrusores	Bridas	Pines bisagra	Polea conducida	Polea motriz	Bujes	Mecanizado de Caja Reductora	Soporte de chumaceras
1	CEPILLOS	1	1					1			1			1				1		
2	TORNOS HORIZONTALES GRANDES									1	1	1								
3	TORNOS HORIZONTALES MEDIANOS					1		1	1					1	1	1	1	1		
4	MÁQUINAS DE SOLDAR	1	1	1				1	1			1	1	1	1				1	1
5	TALADROS RADIAL			1	1			1			1				1		1	1		1
6	TALADROS COLUMNIA	1	1			1		1							1		1	1		1
7	FRESADORAS UNIVERSALES									1	1							1		
8	MANDRINADORA			1															1	1
9	SIERRA ELÉCTRICA					1		1			1									1
10	ROLADORA				1				1											1

Luego se realizaron tres interacciones tanto en las filas como en las columnas según el algoritmo de King (Ver Tabla N°10). En la Tabla N°10.1 se muestra el ordenamiento final y agrupación en celdas, arrojando como resultados dos celdas muy bien distinguidas por el color rojo y color azul respectivamente.

Sin embargo se muestran aún movimientos intercelulares entre celdas, los cuales serán eliminados tomando el criterio de traslado de operaciones de un proceso a otro similar para reducir estos movimientos (Ver Tabla N°10.2). Se muestra en la tabla anterior que hay similitud en las operaciones de los taladros tipo radial y el taladro tipo columna, es por ello que se asumió que podían abastecer a las piezas tanto de la primera celda como de la segunda, reduciendo así cinco movimientos intercelulares y que se puede apreciar en la Tabla N°10.3.

En la Tabla N°10.4 se puede apreciar como quedo la agrupación de las celdas al reducir cinco movimientos intercelulares con un proceso similar.

Tabla N°10.1. Arreglo de Matriz Unitaria para celda Manufactura (1°, 2° y 3° interacción).

		MATRIZ DE INCIDENCIA																			
Orden	Maq/Comp	Componente																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
		Eje motriz	Portamallas	Polea motriz	Polea conducida	Bujes	Eje muñon	Templadores	Cunas de rodaje	Eje de cola de Tornillos extrusores	Rectificado de tornillos extrusores	Trinquetes	Tapas de rodaje	Bridas	Soportes triangulares	Regletas de ajuste	Pines bisagra	Mecanizado de Caja Reductora	Cuaderns superiores e inferiores	Soporte de chumaceras	W
1	FRESADORAS UNIVERSALES	1			1	1	1														114
2	TORNOS HORIZONTALES GRANDES	1					1			1	1										1602
3	ROLADORA		1										1								4100
4	CEPILLOS					1	1					1	1	1	1						59488
5	TORNOS HORIZONTALES MEDIANOS			1	1	1		1	1				1	1			1				78264
6	TALADROS RADIAL		1	1	1	1	1				1		1						1		272508
7	SIERRA ELÉCTRICA						1	1	1											1	524736
8	TALADROS COLUMNIA							1	1						1	1	1			1	639360
9	MANDRILADORA																	1	1	1	917504
10	MÁQUINAS DE SOLDAR									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1048064
	W	6	72	96	98	114	214	416	416	1028	1028	1104	1064	1136	1296	1296	1312	1536	1600	1920	1794758156

Tabla N°10.2. Arreglo de Matriz Unitaria para celda de Manufactura.

		MATRIZ DE INCIDENCIA																					
		Orden	Maq/Comp	Componente															W				
Orden	1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		17	18	19	
			Eje motriz	Portamallas	Polea motriz	Polea conducida	Bujes	Eje muñon	Templadores	Cunas de rodaje	Eje de cola de Tornillos extrusores	Rectificado de tornillos extrusores	Trinquetes	Tapas de rodaje	Bridas	Soportes triangulares	Regletas de ajuste	Pines bisagra	Mecanizado de Caja Reductora	Cuadernas superiores e inferiores	Soporte de chumaceras		
Maquina	1	FRESADORAS UNIVERSALES	1			1	1	1														114	
	2	TORNOS HORIZONTALES GRANDES	1								1	1										1602	
	3	ROLADORA		1										1								4100	
	4	CEPILLOS						1	1						1	1	1					59488	
	5	TORNOS HORIZONTALES MEDIANOS			1	1	1		1	1								1				78264	
	6	TALADROS RADIAL		1	1	1	1	1					1		1						1	272508	
	7	SIERRA ELÉCTRICA							1	1	1											1	524736
	8	TALADROS COLUMNA								1	1					1	1	1				1	639360
	9	MANDRILADORA																	1	1	1	1	917504
	10	MÁQUINAS DE SOLDAR										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1048064
		W	6	72	96	98	114	214	416	416	1028	1028	1104	1064	1136	1296	1296	1312	1536	1600	1920	1794758156	

Tabla N°10.3. Arreglo de Matriz Unitaria para celda de Manufactura.

		MATRIZ DE INCIDENCIA																				
		Orden	Maq/Comp	Componente															W			
Orden	1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		17	18	19
			Eje motriz	Portamallas	Polea motriz	Polea conducida	Bujes	Eje muñon	Templadores	Cunas de rodaje	Eje de cola de Tornillos extrusores	Rectificado de tornillos extrusores	Trinquetes	Tapas de rodaje	Bridas	Soportes triangulares	Regletas de ajuste	Pines bisagra	Mecanizado de Caja Reductora	Cuadernas superiores e inferiores	Soporte de chumaceras	
Maquina	1	FRESADORAS UNIVERSALES	1				1	1	1													
	2	TORNOS HORIZONTALES GRANDES	1						1			1	1									
	3	ROLADORA		1											1							
	4	CEPILLOS						1	1							1	1	1				
	5	TORNOS HORIZONTALES MEDIANOS			1	1	1		1	1									1			
	6	TALADROS RADIAL		1	1	1	1	1						1								1
	7	SIERRA ELÉCTRICA							1	1	1											1
	8	TALADROS COLUMNA								1	1						1	1	1			1
	9	MANDRILADORA																		1	1	1
	10	MÁQUINAS DE SOLDAR										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla N°10.4. Arreglo de Matriz Unitaria para celda de Manufactura.

		MATRIZ DE INCIDENCIA																				
		Orden	Maq/Comp	Componente															W			
Orden	1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		17	18	19
			Eje motriz	Portamallas	Polea motriz	Polea conducida	Bujes	Eje muñon	Templadores	Cunas de rodaje	Eje de cola de Tornillos extrusores	Rectificado de tornillos extrusores	Trinquetes	Tapas de rodaje	Bridas	Soportes triangulares	Regletas de ajuste	Pines bisagra	Mecanizado de Caja Reductora	Cuadernas superiores e inferiores	Soporte de chumaceras	
Maquina	1	FRESADORAS UNIVERSALES	1				1	1	1													
	2	TORNOS HORIZONTALES GRANDES	1						1			1	1									
	3	ROLADORA		1											1							
	4	CEPILLOS						1	1							1	1	1				
	5	TORNOS HORIZONTALES MEDIANOS			1	1	1		1	1								1				
	6	TALADROS RADIAL		1	1	1	1	1	1	1	1											
	7	SIERRA ELÉCTRICA							1	1	1											1
	8	TALADROS COLUMNA											1		1	1	1	1			1	1
	9	MANDRILADORA																		1	1	1
	10	MÁQUINAS DE SOLDAR										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Dado que ya tenemos el ordenamiento en dos celdas de manufactura, pero que aún se cuenta con movimientos intercelulares entre ellos, que se trató de optimizar con el balanceo de líneas tomando como referencia una pieza por celda que tenga más demanda y otra que pase por la mayor cantidad de procesos en cada una de ellas.

Celda 1 - Azul

Portamallas

$$\text{Tiempo tak o Ciclo requerido} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda anual}}$$

$$\text{Tiempo tak o Ciclo requerido} = \frac{282240 \text{ min/año}}{408 \text{ unid/año}}$$

$$\text{Tiempo tak o Ciclo requerido} = 692 \text{ min/unid}$$

Orden	Estación	Tiempo de Alimentación	Tiempo en la máquina	Tiempo de Tt
1	Doblado	2.0	90.0	92
2	Perforado (T. C.)	2.0	84.7	87



$$\frac{92}{692} = 1 \text{ máq.}$$

$$\frac{87}{692} = 1 \text{ máq.}$$

Trinquetes

Celda 1 – Azul

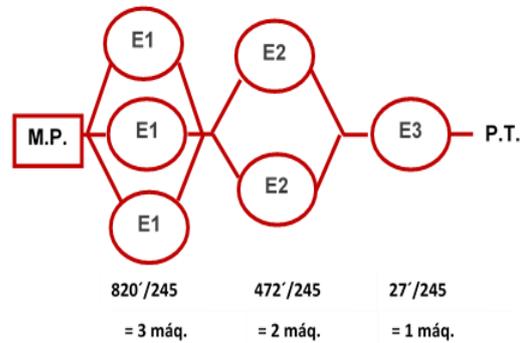
Celda 2 - Rojo

$$\text{Tiempo tak o Ciclo requerido} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda anual}}$$

$$\text{Tiempo tak o Ciclo requerido} = \frac{282240 \text{ min/año}}{1152 \text{ unid/año}}$$

$$\text{Tiempo tak o Ciclo requerido} = 245 \text{ min/unid}$$

Orden	Estación	Tiempo de Alimentación	Tiempo en la máquina	Tiempo de Tt
1	Cepillado	1.5	818.0	820
2	Perforado (T.R.)	1.5	470.0	472
3	Soldadura	1.8	25.0	27



Celda 2 - Rojo

Eje Muñón

$$\text{Tiempo tak o Ciclo requerido} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda anual}}$$

$$\text{Tiempo tak o Ciclo requerido} = \frac{282240 \text{ min/año}}{24 \text{ unid/año}}$$

$$\text{Tiempo tak o Ciclo requerido} = 11760 \text{ min/unid}$$

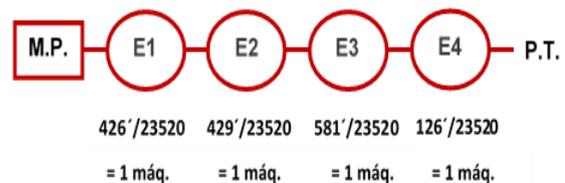
$$\text{Tiempo tak o Ciclo requerido} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda anual}}$$

$$\text{Tiempo tak o Ciclo requerido} = \frac{282240 \text{ min/año}}{12 \text{ unid/año}}$$

$$\text{Tiempo tak o Ciclo requerido} = 23520 \text{ min/unid}$$

Orden	Estación	Tiempo de Alimentación	Tiempo en la máquina	Tiempo de Ti
1	Habilitado	0.8	245.0	246
2	Cepillado	1.5	185.0	187
3	Torneado (T. G.)	1.5	485.0	487
4	Fresado	0.8	185.0	186
5	Perforado (T. R.)	3.0	185.0	188

Orden	Estación	Tiempo de Alimentación	Tiempo en la máquina	Tiempo de Ti
1	Habilitado	0.8	425.0	426
2	Soldadura	4.0	425.0	429
3	Mandrilado	0.8	580.0	581
4	Perforado (T. C.)	0.8	125.0	126



Soporte de Chumacera

Con los balances realizados de las piezas con más demanda, una en cada celda y una con más procesos en cada celda también, se evidenció que en la celda N°2, los trinquetes necesitan 3 cepillos y 2 taladros tipo radial; es por ello se evaluará la compra de las máquinas faltantes, pero antes se realizó un listado de la cantidad de máquinas del Taller de Maestranza que se contempla en la Tabla N°11:

Tabla N°11. Cantidad de máquinas en el Taller de Maestranza

Tipo de Máquina	Cantidad
Fresadoras Universales	2
Cepillos de Codo	3
Tornos Horizontales Medianos	2
Roladora	1
Máquinas de Soldar	4
Tornos Horizontales Grandes	2
Mandriladora	1
Taladro Tipo Columna	1
Taladros Tipo Radial	2
Sierra Eléctrica	1

Con la total de máquinas disponibles se procedió a conformar las dos celdas de manufactura ya se habían formado, pero eliminando los movimientos intercelulares que aún quedaban y a la vez se

obtuvo una distribución equitativa de las celdas completas, obteniendo una cantidad máquinas por celda de manufactura y a que además se evaluó la compra de 3 máquinas adicionales para el mejoramiento de la productividad del área de maestranza (Ver Tabla N°12).

Tabla N°12. Cantidad de máquinas en el Taller de Maestranza.

		MATRIZ DE INCIDENCIA																				
		Orden	Maq/Comp	Componente																		
Orden				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
			Eje motriz	Portamallas	Polea motriz	Polea conducida	Bujes	Eje muñon	Templadores	Cunas de rodaje	Eje de cola de Tornillos extrusores	Rectificado de tornillos extrusores	Trinquetes	Tapas de rodaje	Bridas	Soportes triangulares	Regletas de ajuste	Pines bisagra	Mecanizado de Caja Reductora	Cuadernales superiores e inferiores	Soporte de chumaceras	
Maquina	1	FRESADORAS UNIVERSALES	1			1	1	1														
	2	TORNO H. GRANDE - 1	1					1														
	3	ROLADORA - 1		1																		
	4	CEPILLO - 4(Compra)							1													
	5	TORNO H. MEDIANO - 1			1	1	1			1	1											
	6	TALADROS TIPO RADIAL		1	1	1	1	1	1	1	1											
	7	SIERRA ELÉCTRICA - 2 (Compra)							1	1	1											
	8	ROLADORA - 2 (Compra)													1							
	9	TORNOS H. GRANDES - 2										1	1									
	10	SIERRA ELÉCTRICA 1												1								1
	11	CEPILLO 1,2 y 3											1		1	1	1					
	12	TORNO H. MEDIANO - 2												1	1				1			
	13	TALADROS TIPO COLUMNA												1	1	1	1	1				1
	14	MANDRINADORA																			1	1
	15	MÁQUINAS DE SOLDAR										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Como último punto para la implementación de las células de manufacturase, se tuvo que hacer un análisis de económico sobre las posibles compras de las máquinas adicionales para el mejoramiento de los flujos de producción y de la productividad en inventario en proceso. Para el análisis económico de la posible implementación de estas máquinas adicionales, se tuvo que hallar el costo por metro de recorrido; para ello se hallaron las cargas al mes, (y las distancias post implementación de las celdas manufactura que se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla N°13. Distancias Recorridas de máquina a máquina.

DISTANCIAS RECORRIDAS POR METRO (MES)												
DE A	FRE U.	TORNO H. GRANDE - 1	ROLADORA	TORNO H. MEDIANO - 1	TALADROS TIPO RADIAL 1 Y 2	TORNO H. GRANDE - 2	SIERRA ELÉCTRICA	CEPILLO 1,2 y 3	TORNO H. MEDIANO - 2	TALADROS TIPO COLUMNA	MANDRINADORA	MÁQUINAS DE SOLDAR
FRESADORAS UNIVERSALES		3		9	12							
TORNO H. GRANDE - 1								10				
ROLADORA					6							18
TORNO H. MEDIANO - 1					3		18					
TALADROS TIPO RADIAL 1 Y 2												
TORNOS H. GRANDES - 2												18
SIERRA ELÉCTRICA								6				18
CEPILLO 1,2 y 3									3	6		12
TORNO H. MEDIANO - 2										3		9
TALADROS TIPO COLUMNA											3	6
MANDRINADORA												3
MÁQUINAS DE SOLDAR												
TOTAL DE DISTANCIAS RECORRIDAS POR METRO (MES)												166

Posteriormente se estableció un cuadro de cargas por mes post implementación de las celdas de manufactura, para poder identificar el costo que nos generará al año, para poder evaluar la compra de las maquinas que posiblemente integrarían las celdas de manufactura (Tabla N°14).

Tabla N°14. Cargas por mes.

DEA	NUMERO DE CARGAS POR MES											MÁQUINAS DE SOLDAR
	FRE U.	TORNO H. GRANDE - 1	ROLADORA	TORNO H. MEDIANO - 1	TALADROS TIPO RADIAL 1 Y 2	TORNO H. GRANDE - 2	SIERRA ELÉCTRICA	CEPILLO 1,2 y 3	TORNO H. MEDIANO - 2	TALADROS TIPO COLUMNA	MANDRINADORA	
FRESADORAS UNIVERSALES		3		2	4							
TORNO H. GRANDE - 1								2				
ROLADORA					8							4
TORNO H. MEDIANO - 1					6		4					
TALADROS TIPO RADIAL 1 Y 2												
TORNOS H. GRANDES - 2												8
SIERRA ELÉCTRICA								2				1
CEPILLO 1,2 y 3									2	12		2
TORNO H. MEDIANO - 2									2			8
TALADROS TIPO COLUMNA											4	14
MANDRINADORA												5
MÁQUINAS DE SOLDAR												93
TOTAL DE CARGAS POR MES												

$$\text{Costo total de transporte} = \text{Sueldo de ayudantes} + \text{Depreciación de los coches de transporte (quinto año)}$$

Luego se establecieron los costos de transporte de la siguiente manera:

COSTO DE MANO DE OBRA	\$ 1265
DEPRECIACION DE COCHES DE TRANSPORTE	\$ 843
COSTO TOTAL DE TRANSPORTE	\$ 2108
TOTAL DE MOVIMIENTOS RECORRIDOS POR MES	770

Se halla el costo de movimiento por metro:

$$\text{Costo de movimiento por metro} = \frac{\text{Costo Total de Transporte}}{\text{Total de movimiento recorridos por mes}}$$

COSTO DE CARGA POR METRO	\$ 2.83
--------------------------	---------

A continuación se presenta el costo de movimientos por año en las máquinas requeridas para posteriormente hallar su tasa de interés de retorno (TIR), que si al comparar con el porcentaje de mantener inventario promedio es mayor, nos indica que es rentable comprar la máquina y si es menor nos indicará que no es rentable y se anularía la compra.

Tabla N°15. Cálculo del TIR.

año	flujo
0	-4500
1	679
2	679
3	679
4	679
5	679
6	679
7	679
8	679
9	679
10	679
11	679
12	679
13	679
14	679
15	679

**Requerimiento
Celda 1 – Azul
Cepillo (Compra)**

Se estableció un gasto en viajes de 679 \$/año.

TIR	WACC o % de mantener inventario promedio
13%	11%

Se puede apreciar que el TIR (Tasa de Interés de Retorno) es mayor que el WACC (Porcentaje de mantener inventario promedio), esto quiere decir que la compra es rentable y está aprobada.

Tabla N° 16. Cálculo del TIR.

año	flujo
0	-15000
1	2445
2	2445
3	2445
4	2445
5	2445
6	2445
7	2445
8	2445
9	2445
10	2445
11	2445
12	2445
13	2445
14	2445
15	2445

Celda 1 – Azul

Sierra Eléctrica (Compra)

TIR	WACC o % de mantener inventario promedio
14%	11%

Se estableció un gasto en viajes de 2445 \$/año.

Se puede apreciar que el TIR (Tasa de Interés de Retorno) al comparar con el WACC (Porcentaje de mantener inventario promedio), éste primero es mayor, esto quiere decir que la compra es rentable y está aprobada.

Tabla N°16. Cálculo del TIR

año	flujo
0	-15000
1	2445
2	2445
3	2445
4	2445
5	2445
6	2445
7	2445
8	2445
9	2445
10	2445
11	2445
12	2445
13	2445
14	2445
15	2445

TIR	WACC o % de mantener inventario promedio
14%	11%

**Celda 2 – Rojo
Roladora (Compra)**

Se estableció un gasto en viajes de 2445 \$/año.

Se puede apreciar que el TIR (Tasa de Interés de Retorno) al comparar con el WACC (Porcentaje de mantener inventario promedio), éste primero es mayor, esto quiere decir que la compra es rentable y está aprobada. Finalmente obtenemos las celdas ya totalmente distribuidas claramente en dos líneas de producción optimizando el flujo de materiales en proceso y optimizando los tiempos de transportes (Fig. 8)

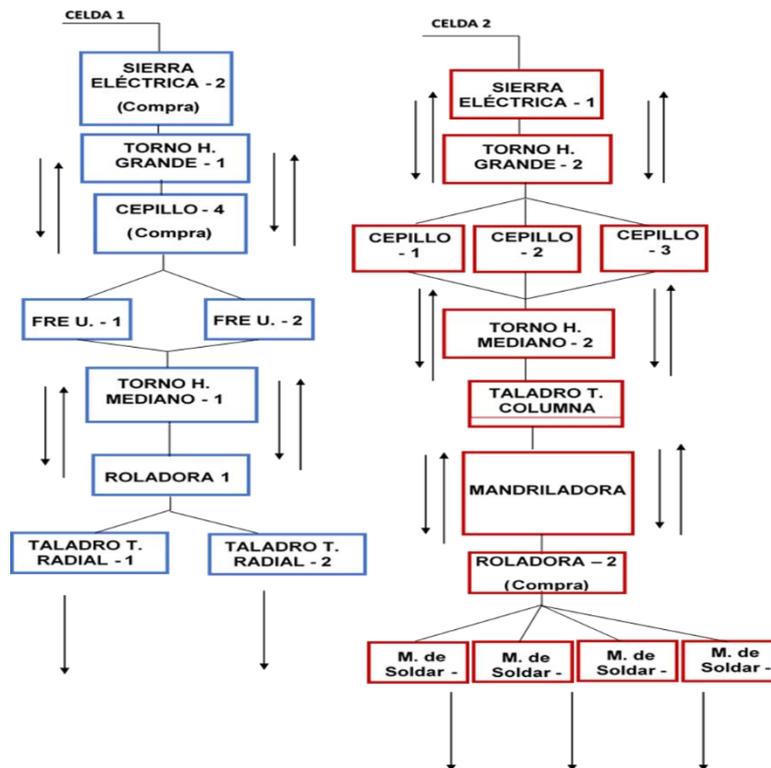


Figura. 8. Ordenamiento de las celdas.

En los cálculos de la Tabla N°17 se contemplan los nuevos tiempos de ejecución en días y en años. Lo que teóricamente se pretende mejorar la productividad en inventario en proceso mediante la reducción de los tiempos de ejecución.

Tabla N°17. Cálculo futuro de los tiempos de implementación de células de manufactura contemplando las piezas reparadas y/o fabricadas en el Taller de Maestranza.

Ítem	Descripción	Pre - implementación		Post - implementación	
		Tiempo de ejecución (días)	Tiempo de ejecución (años)	Tiempo de ejecución (días)	Tiempo de ejecución (años)
1	Soportes triangulares	16	0.05	51	0.17
2	Regletas de ajuste	35	0.12	110	0.37
3	Cuadernas superiores e inferiores	76	0.25	197	0.66
4	Portamallas	206	0.69	78	0.26
5	Templadores	23	0.08	21	0.07
6	Trinquetes	533	1.78	1152	3.84
7	Cunas de rodaje	44	0.15	24	0.08
8	Tapas de rodaje	50	0.17	38	0.13
9	Eje motriz	35	0.12	30	0.10
10	Eje muñón	81	0.27	25	0.08
11	Eje de cola de Tornillos	38	0.13	60	0.20
12	Rectificado de tornillos	291	0.97	120	0.40
13	Bridas	71	0.24	22	0.07
14	Pines bisagra	62	0.21	360	1.20
15	Polea conducida	39	0.13	7	0.02
16	Polea motriz	34	0.11	7	0.02
17	Bujes	17	0.06	8	0.03
18	Mecanizado de Caja	106	0.35	60	0.20
19	Soporte de chumaceras	65	0.22	15	0.05

Finalmente se procedió a medir y evaluar la productividad en inventario en proceso final, comparándola con la anterior y obtuvimos el siguiente resultado:

$$\text{Productividad final de inventarios en proceso} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de reparaciones terminadas en el plazo} \times 100 \times 1000 \text{ dólares}}{\text{Capital invertido en inventarios en proceso}} = \frac{12 \times 100 \times 1000}{97186.34} = \frac{0.12 \text{ prensas por cada mil dólares invertidos en inventario o } 12000 \text{ dólares invertidos en inventario para reparar una prensa}}{1}$$

Tabla N°18. Comparación de la productividad en inventario en proceso antes y futura de la implementación de células.

Ítem	Descripción	Costo anual de mantener inventario proceso promedio (\$)	Productividad de inventario (und/S)	Costo anual de mantener inventario proceso promedio (\$)	Productividad de inventario (und/S)
1	Soportes triangulares	5.94319	0.302867652	4.41144	0.096007066
2	Regletas de ajuste	9557.625	0.155860391	7864.56	0.049936331
3	Cuadernas superiores e inferiores	22835.505	0.061456483	17654.34	0.023807436
4	Portamallas	23334.795	0.033198644	17929.56	0.08752199
5	Templadores	1706.1	0.468905691	1364.88	0.502398955
6	Trinquetes	7667.385	0.109936577	6336	0.047348485
7	Cunas de rodaje	17603.685	0.038344244	12802.68	0.070297781
8	Tapas de rodaje	16078.315	0.089561624	12809.28	0.11833526
9	Eje motriz	1440.725	0.078085686	1329.9	0.090232348
10	Eje muñón	4170.32	0.025021539	3574.56	0.080569357
11	Eje de cola de Tornillos extrusores	2750	0.074805195	2538.461538	0.047272727
12	Rectificado de tornillos extrusores	2982.375	0.008652987	2863.08	0.020956452
13	Bridas	2037.42	0.057932477	1746.36	0.187402785
14	Pines bisagra	2570.535	1.089267409	2245.32	0.187055743
15	Polea conducida	485.87	0.22452695	416.46	1.234888224
16	Polea motriz	478.478	0.242705061	441.672	1.164406424
17	Bujes	867.625	0.518657254	832.92	1.080535946
18	Mecanizado de Caja Reductora	3861	0.009514295	3564	0.016835017
19	Soporte de chumaceras	940.225	0.063814512	867.9	0.276529554
		121373.93	0.10	97186.34	0.12

Discusión

Según la autora Játiva Cárdenas Noemí Carolina (2012), con su investigación acerca del diseño de la distribución de una nueva planta, presenta cómo es que utilizando los Parámetros y Criterios Teóricos como el método SLP (Systematic Layout Planning/ Planeación Sistemática de la Distribución en Planta) expuesto por Muther, se llega a analizar un proceso, suprimiendo cualquier actividad que no agrega valor al mismo, y minimizando los costos de transporte anualmente en 17,796.02 USD y tiempo ocioso de transporte en 61.25%.

Es así que en esta investigación para realizar la distribución de planta, se pudo utilizar la metodología SLP, con herramientas cuantitativas y cualitativas como los diagramas de relaciones, los diagramas de hilos y recorrido y el Layout Final, claro está, todo ello acoplado y dirigido hacia las actividades productivas dentro del Taller de Maestranza. Obteniendo además reducciones de costos y tiempos de transporte, que pudieron ser eliminados satisfactoriamente, por ende mejorar el flujo de producción y la productividad de inventario en proceso.

Por otro lado, el autor Mauricio Martínez Muñoz (2006), en su estudio aplicado a una organización dedicada a la fabricación de llanta tipo diagonal tiene como objetivo determinar la configuración de planta contemplando las herramientas de la manufactura esbelta que permita aprovechar el espacio disponible y reducir las distancias recorridas en el manejo de materiales, la metodología SLP (Planeación Sistemática de la Distribución en Planta), y otras herramientas, se puede reducir notablemente los costos, además de permitir una mayor disposición del espacio de trabajo y con ello los beneficios que acarreará (productividad). Por último obtiene una reducción del 34.778% en la distancia recorrida.

Para esta ocasión, en este proyecto se utilizó la metodología SLP, para así permitir una mejor disposición del espacio de trabajo, considerando las características del trabajador y los equipos que se encuentran en su ambiente y mejorando a corto o largo plazo de la productividad del Taller de Maestranza.

Según el autor Córdova Barrios Víctor (2007), en su estudio sobre la implementación de una celda de manufactura en la industria metalmecánica dentro de sus objetivos se encuentra el mejorar los tiempos de producción de las piezas mediante la reducción de espacios y tiempos muertos en transporte, cuya metodología fue la aplicación del algoritmo de King y el SLP, arrojándoles como resultados la reducción en tiempos de ejecución de las piezas hasta en un 30%, es decir la producción antes de la implementación de la celda de manufactura fue de 15 días, con la implementación fue de 3 días promedio.

En el caso de esta investigación, los tiempos de producción en ciertas piezas disminuyeron, teniendo estas un alto costo de producción; por ejemplo, las cunas de rodaje tuvieron un tiempo de ejecución inicial fue de 44 días (0.15 por año) pero que luego cambió a 24 días (0.08 por año) cuyo costo de producción es de 3233 dólares y en el caso de otras no disminuyó, pero que tampoco tienen un alto costo de producción, uno de ellos son los trinquetes cuyo tiempo de ejecución inicial fue de 533 días (1.78 por año) y posteriormente cambió a 1152 días (3.84 por año), pero que al final de la implementación no afectaron mejorando la productividad en inventario final.

Asimismo, el autor Pérez Monte de Oca Jesús (2008), en su investigación aplicada a una empresa de metalmecánica productora de condensadores tiene como objetivo incrementar la productividad en el área de condensadores, con el diseño e implementación de células de manufactura, cuyo resultado fue una producción pieza a pieza, dándonos un aumento de la productividad de 49.42% y minimizando el inventario en proceso.

Es así que en la investigación se optimizaron los tiempos y las distancias recorridas, obteniendo un agrupamiento de dos celdas de manufactura logrando un flujo continuo al reducir recorridos de material, reducir contenido de labor y minimizar inventario en proceso cuya productividad aumentó de un 0.10 a 0.12 prensas terminadas en el plazo establecido por cada mil dólares invertidos en inventario en proceso.

Conclusiones.

Atendiendo el primer objetivo específico, se concluye que se logró realizar la recopilación de la información del servicio y de las operaciones en la línea de reparación de prensas extrusoras enfocándonos en el Área de Maestranza, para luego sacar un listado de las piezas reparadas y/o fabricadas en ésta área, asimismo se buscó la manera de ubicar el Taller de Maestranza con su distribución actual mediante un plano de distribución general de toda la planta, siendo de vital importancia el aporte del dibujante técnico y también del Jefe de Planta en la contribución del desarrollo de este primer objetivo específico.

A partir de la información recopilada, se agilizó el segundo objetivo específico, al realizar el análisis situacional de la empresa en la cual se encontraron las deficiencias y debilidades de la actual distribución del Taller de Maestranza que forman parte de las bases de esta investigación puesto que a través del Diagrama de Operaciones Analítico se midieron los tiempos de producción de las piezas a reparar y/o fabricar, arrojando resultados en tiempos de 409 minutos en transporte, afectando en un 2% al proceso en general por prensa, asimismo se determinó un total en distancias recorridas durante toda la línea de reparación siendo ésta de 1513 metros.

Posteriormente, con el tercer objetivo específico en el cual se midió la productividad en inventario en proceso antes de la puesta en marcha del diseño de distribución del Área de Maestranza sugerida, arrojando resultados que fluctúa entre 1.25 y 0.01 unid/\$ invertido en inventarios de piezas en proceso, así también un capital total invertido en inventario en proceso de 121373.93 dólares cuya productividad es 0.10 prensas por cada mil dólares invertidos en inventario en proceso o 10 000 dólares invertidos en inventario en proceso para reparar una prensa, resultados que fueron comparados posterior aplicando la propuesta de distribución de planta del Taller de Maestranza.

A partir de los indicadores medidos, se agilizó el cuarto objetivo específico y se realizó la implementación del diseño de distribución del Taller de Maestranza a través de una distribución por células en la que consistió en analizar los flujos de producción de las piezas fabricadas y/o reparadas en esta área de la empresa que fueron hechas por fases y etapas referidas a esta distribución, siendo la estrategia óptima para renovar el paradigma de la empresa en la aproximación de mejorar los resultados de la productividad de inventario en proceso en las líneas de producción de la empresa. Resultados que fueron medidos a través de la colaboración del Jefe de Planta y Jefe de Taller para un reordenamiento de las máquinas herramientas cuya distribución era por procesos y cambio a distribución por celdas de manufactura.

Contribuyendo con el último objetivo se concluye que al determinar un cálculo futuro de los indicadores de productividad de inventario en proceso posteriores a la implementación de las celdas de manufactura generan mejoras en los resultados medibles en la que oscilan entre el 0.02 y 1.23 unid/\$ invertidos en inventarios de piezas en proceso, pero que algunas piezas no variaba debido a la demanda las mismas como también al costo de cada una de estas piezas, sin embargo se logró el aumento de la productividad en inventario en proceso final, obteniendo una mejora de 0.12 prensas por cada mil dólares invertidos en inventario en proceso o 12 000 dólares invertidos en inventario en proceso por prensa reparada siguiendo la propuesta de diseño de la distribución del Taller de Maestranza alcanzando.

Finalmente se concluye que se cumplió con el objetivo general de la investigación que está hecha para la implantación del sistema de producción por celdas de manufactura, fue realizada acorde a las necesidades principales a resolver en la empresa EMIMSAC. En específico para el Área de Maestranza, dicha investigación cumple con el objetivo de eficientar la productividad de inventario en proceso. En este estudio también se hacen **algunas** recomendaciones pertinentes sobre el modo cómo deberá ser instaurado el sistema de producción por celdas de manufactura y los recursos materiales y humanos indispensables para su integración.

Referencias bibliográficas

- Casanova, F. (2002). Formación profesional, productividad y trabajo. Editorial Cinterfor Montevideo.
- Chaese, A. (1973). Administración de producción y operaciones. México. Editorial Interamericana.
- Díaz, B., Jarufe, B., Noriega, M. (2007). Disposición de planta. Universidad de Lima. Perú. Fondo editorial.
- Jesús, J. (1998). Factores intervinientes en la distribución de planta. La Laguna, Tenerife (España).
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, (s.f.). XVII Convenio colectivo SEAT S.A., 2006. BOE n.º 74 de 28-3-2006, España, Art. 122 [14-01-2008]
- Meyers, F., Stephens M. (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. México.
- Mertens, L. (1998). Gestión por Competencia Laboral. México. 1998.
- Muther, R. (1981). Distribución en planta. Ordenación racional de los elementos de producción industrial. Barcelona (España). Editorial Hispano Europea Muñoz, M. (2004). Diseño de distribución en planta de una empresa textil. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima- Perú.
- Niebel, B. (2004). Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo. México.
- Samuelson, N. (2005). Economía (18º Ed.). Estados Unidos: McGraw-Hill. Pág. 106.
- Schroeder, R. (1992). McGraw Hill. Administración de operaciones, Pág. 533
- Smith, A. (1776). La riqueza de las naciones. Inglaterra.
- Trueba, J. (1970). Distribución de planta. Universidad Politécnica Madrid. España. 1970.
- Vera, Y. (2006). Análisis de la distribución de la plantas de una empresa dedicada a la elaboración de chocolates y galletas. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil (Ecuador).