

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“DISTRIBUCIÓN DE PLANTA MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX
SIGMA PARA REDUCIR EL COSTO DE PRODUCCIÓN EN LA
EMPRESA D’ELY S.A.C. TRUJILLO – LA LIBERTAD”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

AUTOR (ES): BR. CONTRERAS JARA, CARLOS MANUEL

BR. VELASQUEZ VARGA, ERICK JOEL

ASESOR: DR. LOPEZ AGUILAR, ANGEL MIGUEL

TRUJILLO - PERÚ

2017

Presentación

Señores miembros del jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el reglamento de tesis universitaria para la obtención del título profesional en la especialidad de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada Antenor Orrego, ponemos a vuestra consideración el presente proyecto, titulado:

“Distribución de planta mediante la metodología six sigma para reducir el costo de producción en la empresa D’ely S.A.C. Trujillo – La Libertad”.

El presente proyecto ha sido desarrollado el 8 de Abril del 2017 hasta el 12 de Agosto del 2017, esperamos que el contenido de este estudio sirva de referencia para otros proyectos o investigaciones.

Dedicatoria

Este trabajo es dedicado principalmente a Dios, ya que sin la gracia de él nada de esto sería posible. A mis padres María de los Ángeles y Víctor Roberto quienes con tanto esfuerzo y trabajo me han apoyado siempre y han estado en todos los momentos de mi vida guiándome por el camino del bien. A mis hermanos quienes me han ayudado y apoyado en todo y ser un ejemplo a seguir. Con todo mi amor y cariño para mi enamorada, amiga y confidente fiel, quien ha sido mi apoyo y fortaleza en todo momento, Tania Yajaira. A toda mi familia por su apoyo.

Erick Joel Velasquez Vargas

A mis padres, por darme la vida y darme la posibilidad de ser la persona que soy, por apoyarme en todas mis decisiones y caminar a mi lado enseñándome a levantarme en cada tropiezo.

Carlos Manuel Contreras Jara

Agradecimientos

A Dios por estar conmigo en todo momento, por darme las fuerzas y ganas de seguir adelante. A mis padres quien siempre se han esmerado para darme el estudio y se han esforzado para hacer de mí una persona de bien. A mis hermanos y enamorada que siempre han estado a mi lado apoyándome y brindándome su comprensión. Al Dr. López Aguilar, Ángel Miguel por impartirme los conocimientos necesarios para el desarrollo del presente trabajo a la vez brindarme su apoyo y confianza.

Erick Joel Velasquez Vargas

Agradezco a Dios ser maravilloso por darme el don de alcanzar mis sueños y guiar cada uno de mis pasos. A mis padres que me han enseñado los valores en mi vida y que todo fin requiere mucho esfuerzo y sacrificio, son los pilares fundamentales para que me pueda formar como persona. Al Dr. López Aguilar, Ángel Miguel por su apoyo total y brindarme los conocimientos para el desarrollo del presente trabajo. A la empresa Calzado D'ely por darme la apertura y brindarme la información y el espacio necesario.

Muchas gracias a todos.

Carlos Manuel Contreras Jara

Resumen

El presente trabajo de investigación se encamina a elaborar una redistribución de planta en la empresa de Calzado D'ely, en la cual la principal problemática es la mala distribución de las estaciones de trabajo, que generan costos innecesarios por concepto de transporte del material y la formación de un escenario laboral riesgoso para seguridad de los trabajadores.

Con base a dicha problemática, se procede a realizar un estudio de tiempos de cada proceso para la elaboración de calzado para determinar la capacidad de producción, realizar un análisis de la superficie a través del método de Guertchet para obtener las dimensiones necesarias de cada puesto de trabajo y finalmente se utiliza el software WinQsb como herramienta de generación de información, para un análisis y toma de decisiones en seleccionar la mejor distribución de planta, considerando la disminución de las distancias recorridas, de los costos de transporte de material y el aumento de la capacidad instalada.

Abstract

The present research is aimed at developing a redistribution of plant D'ely Shoe Company, in which the main problem is the poor distribution of workstations, which generate unnecessary costs for the transportation of the material and the Formation of a hazardous work scenario for workers' safety.

Based on this problem, the time study of each process for the production of footwear to determine production capacity then an analysis of the surface is performed by the method of Guertchet to obtain the necessary dimensions of each post work and finally the WinQSB software is used as an information generation tool for analysis and decision-making in selecting the best plant distribution, considering the decrease in the distances traveled, material transport costs and installed capacity.

Índice

Presentación.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Índice de tablas.....	ix
Índice de graficas.....	ix
Índice de Figuras.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema:.....	1
1.2. Delimitación del problema:.....	2
1.3. Formulación del Problema:.....	3
1.4. Formulación de la Hipótesis:.....	3
1.5. Objetivos del estudio:.....	3
1.5.1. Objetivo general:.....	3
1.5.2. Objetivo específico:.....	3
1.6. Justificación del Estudio:.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes:.....	5
2.2. Definiciones:.....	8
2.2.1. Distribución de planta:.....	8
2.2.2. Indicadores empleados para la distribución de planta.....	19
2.2.3. Método de guerchet:.....	21
2.2.4. WINQSB:.....	23
2.2.5. Seis Sigma:.....	26
2.2.6. Tiempo estándar de las operaciones.....	29
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	33
3.1. Material:.....	33
3.1.1. Población:.....	33
3.1.2. Muestra:.....	33
3.1.3. Unidad de Análisis:.....	33
3.2. Método:.....	34

3.2.1.	Tipo de Investigación:	34
3.2.2.	Diseño de Investigación:	34
3.2.3.	VARIABLES de estudio y Operacionalización :	35
3.2.4.	Instrumentos de recolección de Datos:	37
3.2.5.	Procedimientos y análisis de datos:	37
3.2.6.	Técnicas de análisis de datos:	37
4.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	38
4.1.	Generalidades de la Empresa:	38
4.1.1.	Visión:	38
4.1.2.	Misión:	38
4.1.3.	Objetivos:	39
4.2.	Presentación de Resultados:	39
4.2.1.	Cálculo de la Capacidad Instalada Actual y tiempos estándar de los procesos.	39
4.2.2.	Selección del tipo de distribución de planta y análisis del espacio requerido.	45
4.2.3.	Calculo del costo del manejo de materiales	53
4.2.4.	Calculo del Nuevo Costo con la distribución propuesta usando Software WINQSB.	57
5.	CONCLUSIONES:	67
6.	RECOMENDACIONES:	68
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXOS	70

Índice de tablas

Tabla 1 Características de los tipos básicos de distribución de planta	18
Tabla 2 Coeficientes para la superficie de evolución	22
Tabla 3 Escalas de valoración.	30
Tabla 4 Número de personas de calzado D´ely.	33
Tabla 5 Operacionalización de las variables	36
Tabla 6 Número de observaciones en los procesos	40
Tabla 7 Resumen de los tiempos estándar de los procesos de elaboración de calzado.....	41
Tabla 8 Cálculo de la capacidad real de producción.	43
Tabla 9 Demanda anual de la empresa D´ely	45
Tabla 10 Cálculo de la superficie de operaciones de la empresa D´ely	50
Tabla 11 Cálculo de la superficie de operaciones de la empresa D´ely (Continuación 1) ...	51
Tabla 12 Cálculo de la superficie de operaciones de la empresa D´ely (Continuación 2) ..	52
Tabla 13 Cálculo de la superficie de operaciones de la empresa D´ely (Continuación 3) ..	53
Tabla 14 Salario que percibe un trabajador.	54
Tabla 15 Matriz de flujo interdepartamental.	55
Tabla 16 Matriz de costo de mover el material	57
Tabla 17 Codificación de los departamentos de calzado D´ely.....	60

Índice de graficas

Gráfico 1 Producción anual de calzado para dama.....	46
--	----

Índice de Figuras

Figura 1 Distribución por procesos	8
Figura 2 Distribución por producto	12
Figura 3 Distribución por posición fija.....	15
Figura 4 Distribución híbrida	17
Figura 5 Indicadores de Distribución de planta.....	19
Figura 6 Módulos de WinQSB.	23
Figura 7 Instrucciones de WinQsb.	24
Figura 8 Pantalla principal de WinQsb.	24
Figura 9 Ventana para ingresar los datos de New Problem.....	25
Figura 10 Tipos de Suplementos	31
Figura 11 Tiempo estándar de un proceso.....	31
Figura 12 Diseño de Investigación	35
Figura 13 Flujo de proceso de producción.	42
Figura 14 Capacidad instalada.....	44
Figura 15 Distribución tipo I	46
Figura 16 Distribución tipo III	47
Figura 17 Distribución tipo II.....	47
Figura 18 Orden de las Operaciones.	49
Figura 19 Ventana para crear un nuevo programa.	58
Figura 20 Ventana para guardar el archivo del programa.	58
Figura 21 Malla de la distribución actual de la planta.....	59
Figura 22 Ingreso de datos en el software.	60
Figura 23 Ingreso de flujo de material y costos.....	61
Figura 24 Selección de características de solución.	62
Figura 25 Layout Actual de la Planta	63
Figura 26 Iteración 1.....	64
Figura 27 Iteración 2.....	65
Figura 28 Resultados de WinQsb.	66
Figura 29 Matriz de distancia recorrida actual.	66

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema:

A nivel mundial el Perú es considerado un país de bajo nivel en lo que a valor agregado de productos se refiere, pero cabe destacar que dentro de sus actividades productivas podemos mencionar las empresas textiles, de alimentos, calzado; estas últimas destacadas a nivel nacional por su notable evolución y desarrollo en el mercado nacional. Si bien, el Perú no es una potencia mundial en la exportación de calzado, pero busca a paso firme hacerse un nombre internacional en este rubro, es así que desde el año 2007 la exportación de calzado peruano viene creciendo a una tasa anual del 11% (Ministerio de la producción, 2014), además la producción anual en el 2013 llegó a los 2 968 686 pares de zapatos (INEI, 2015).

En la región la libertad, específicamente en la provincia de Trujillo en el año 2017 concentra el 25% de la fabricación de calzado del Perú (Ministerio de la producción, 2015), producción distribuida en los distritos de Florencia de Mora, La Esperanza y El Porvenir; en este último distrito, el 70% de la población se dedica a la fabricación de calzado, procesamiento de cuero y cuenta con 3,000 pymes dedicadas a la producción de calzado formalmente, y otros 2,000 talleres zapateros que trabajan de manera informal (Atlas ambiental de la ciudad de Trujillo, 2014).

Para efectos del estudio, se ha toma la empresa de calzado D'ely S.A.C, ubicada en el distrito El Porvenir de Trujillo, empresa considerada como una Pyme en el 2017 porque según la clasificación por número de trabajadores está dentro del rango de 11 a 50 trabadores ya que dicha empresa cuenta con 14 trabajadores y tiene una producción de 558 pares de zapatos para dama por semana, actualmente la estructura del proceso de productivo está organizado por 6 áreas; área de corte, área de destallado, área de troquelado, área de hormas, área de armado y sección de terminado.

Las empresas de calzado del distrito el porvenir dedicadas al mismo giro de negocio (producción tipo taller), y de capacidad de producción equivalente, haciendo un estudio de benchmarking en el año 2016 con nuestra competencia directa, se logró concluir que ellos cuentan con la misma cantidad de producción, los mismos recursos, pero a un costo inferior, por lo que esto genera un problema al querer competir con las empresas del sector. Haciendo una análisis crítico de los costos de producción determinamos el costo incurrido en el manejo de materiales en la empresa va desde el 15% al 20% del costo total de producción que a comparación de la competencia este costo va de 8% al 10% de su costo total de producción; el manejo de materiales es un problema del proceso de producción ya que no agrega valor al producto, al contrario a este lo encarece además el costo de materiales se ve reflejado en el recorrido de materiales de un procesos a otro y el alto tiempo de espera en la producción.

Es por eso que el presente estudio va enfocado a las herramientas de la distribución de planta con el objetivo de determinar la capacidad instalada en la empresa y su tasa de utilización además de encontrar la distribución de planta óptima para reducir el costo de producción por debajo de la competencia con la misma calidad.

1.2. Delimitación del problema:

Área académica: Industrial y manufactura.

Línea de investigación: Optimización de la Producción.

Sublínea: Gestión de sistemas de planeación y control de la producción de bienes industriales.

Delimitación espacial: La presente investigación se va a realizar en las instalaciones de la empresa de calzado D'ely S.A.C., de la ciudad de Trujillo.

Delimitación temporal: El desarrollo del presente proyecto se va a realizar previo a la aprobación del perfil en un lapso no más allá de cinco meses.

1.3. Formulación del Problema:

¿En qué medida una propuesta de distribución de planta mediante la metodología six sigma reducirá significativamente el costo de producción en el proceso de fabricación de zapatos para damas en la empresa D'ely S.A.C. Trujillo - La Libertad?

1.4. Formulación de la Hipótesis:

Con la propuesta de distribución de planta mediante la metodología six sigma se reducirá el costo de producción de zapatos para dama en la empresa D'ely S.A.C. Trujillo - La Libertad.

1.5. Objetivos del estudio:

1.5.1. Objetivo general:

Proponer una nueva distribución de planta mediante la metodología six sigma para reducir el costo de producción en la fabricación de calzado para dama en la empresa D'ely S.A.C. Trujillo – La Libertad.

1.5.2. Objetivo específico:

- Determinar la capacidad instalada y tasa de utilización con base en la distribución de planta actual.
- Determinar el costo del manejo de materiales para su comparación con la propuesta del estudio.
- Determinar mediante una simulación el costo de producción con la nueva propuesta de distribución de planta.

1.6. Justificación del Estudio:

Actualmente, la empresa busca un mejoramiento en la producción de calzado debido a la constante competencia que existe en el sector, por lo consiguiente busca la mejora continua de sus procesos; después de un estudio de benchmarking.

Es por ello que como bachilleres de la carrera de ingeniería industrial enfocamos un estudio en la empresa abarcando las herramientas de la distribución de planta con el objetivo de reducir el costo de producción, manteniendo la misma calidad del producto utilizando los mismos recursos logrando así potencializar los procesos de producción, si bien sabemos una mala distribución de planta retrasa el proceso de producción generando mayor tiempo en manejo de materiales de un área a otra lo cual no genera valor al producto al contrario encarece el costo de producción.

La distribución de planta es un punto clave en toda organización que realiza procesos de producción , debido a que demanda un orden en las áreas de acuerdo a la necesidad y su utilización que intervienen en la elaboración de un producto , con el objetivo de minimizar el costo de producción , la utilización efectiva del espacio , además de la flexibilidad de la empresa al momento de aumentar o variar la producción , en consecuencia además de lograr los objetivos antes mencionados del estudio , vamos a lograr fortalecer los procesos de producción .

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes:

Para el inicio del presente proyecto se tomaron en cuenta trabajos de investigación precedentes a este y textos bibliográficos de referencia, los cuales están dirigidos a la rama de Diseño y Distribución de Planta. Algunos de estos son presentados a continuación:

- La tesis **“DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA INCALSID PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CALZADO”**, (Pantoja, 2011) publicada por la facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, Ecuador, en la que sustenta, que aplicando una nueva distribución de planta en el proceso de fabricación de calzado ocasiona una disminución de las distancias de recorrido, incrementando la producción en la empresa en un 10%. Recalamos que no se logra cumplir el objetivo de optimizar el proceso de calzado en la empresa, porque se desperdician muchos recursos en la misma. Para ello identifiqué las distancias entre áreas, los tiempos de traslado, la cantidad de cargas de materiales y el costo de manejar estos, luego realicé un análisis del actual diseño y con el método de distribución tipo taller propuse la nueva distribución de planta. Este estudio aporta a nuestra investigación la información respecto al cálculo del costo de mover el material con la técnica de la matriz “desde-hasta” y la técnica “prueba-error” para proponer la nueva distribución de planta.
- La tesis **“PROPUESTA DE REDISEÑO DE LAYOUT Y MEJORAMIENTO EN EL FLUJO DE MATERIALES EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA DE CALZADO FAME S.A.”**, (Arciniegas Limongi & Sánchez Cevallos, 2012) publicada por la UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO COLEGIO POLITÉCNICO, en la que sustenta, que para poder realizar el diseño del layout de la planta, se requiere primeramente

conocer los procesos que se realizan para poder elaborar el producto final. Seguidamente, determinar las estaciones de la línea de producción que son parte del mismo, para de esta forma analizar el flujo de materiales en la planta. Tomando en cuenta los problemas presentados dentro de la instalación, se presentan cuatro propuestas de diseño de la disposición, de las cuales se selecciona la más eficiente. Una vez escogida una alternativa, se procede a simular la planta actual y la propuesta, para poder disminuir cuellos de botella, así como inventarios en proceso. Además, la bodega de materia prima forma parte del proceso de manufactura de la planta, por lo que se propone una propuesta de mejora a través de establecer una ubicación determinada para cada ítem, así como señalización dentro de la misma.

- Proyecto de Grado: **“DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE UNA EMPRESA DE CALZADO”**, (Muñoz Cabanillas, 2004) para obtener el grado de Ingeniero Industrial en la UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN MARCOS, Lima, Perú. Este proyecto es atractivo para nuestro estudio debido a que utiliza el cuadro de Porcentaje Típico de Recorrido, tomado de la ASOCIACIÓN DE EMPRESAS PROVEEDORAS INDUSTRIALES DE MÉXICO (APIMEX) 2014, donde plantea la hipótesis de “Entre el 20 al 50% de los costos totales de operación en que se incurre dentro del área de fabricación, se pueden atribuir a la disposición de la planta, y que una distribución eficiente reduce probablemente esos costos por los menos del 10 al 30%”. Dicho esto, cabe concluir, que el resultado de este estudio; determinó que, gracias al acomodo eficiente de instalaciones, se redujeron en 15% los costos de operaciones en el sistema productivo, elevando la utilidad en un 12% en respecto al semestre anterior.

- Tesis: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CÉLULAS DE MANUFACTURA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE ARMADO DE UNA EMPRESA DE CALZADO PARA DAMA”** (Blanco Saldaña & Sirlupú Tejada, 2015) para obtener el título de Ingeniero Industrial en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, Trujillo-Perú. En lo que sustenta que consistió en cinco pasos, selección, orden, limpieza, estandarización y disciplina. Por otro lado para el diseño e implementación de las células, se determinó el tiempo Takt-Time el cual resultó ser 2 horas con 29 minutos, considerando el tiempo disponible y la demanda; se clasificó las actividades que requieren más y menos habilidad, para luego determinar el número de operarios y la asignación de personal por medio del Takt-Time, siendo 2 habilitadores y 2 maestros; se construyó la hoja estándar de trabajo con un balance de línea; se elaboró el Lay – Out para ubicar la célula de producción. Se pudo concluir satisfactoriamente que la implementación de células de manufactura aumentó la productividad en 9,57% y 22,47% con respecto a la productividad horas – hombre del área de armado –ensuelado y del costo de la mano de obra de armado - ensuelado respectivamente. Así mismo se concluye que es viable económicamente, con un VAN mayor que cero ($1\,760,031 > 0$); y una TIR mayor que la TMAR ($66,75\% > 40\%$).

2.2. Definiciones:

2.2.1. Distribución de planta:

Existen diferentes tipos de distribuciones de planta, la razón es que responde a diferentes necesidades de producción. La distribución de planta es la manera en que se distribuyen las máquinas, equipos, herramientas, operadores, mobiliario, etc., en una instalación industrial. La distribución de planta determina la ruta que el producto en proceso sigue desde que entra al sistema de producción como materia prima hasta que sale como producto terminado [1].

Distribución por procesos: La distribución por procesos es la típica distribución de un taller, los tornos se agrupan en un área, las fresas en otra, las rectificadoras en otra, las troqueladoras en otra, etc. Esta distribución permite producir bajo pedido ajustándose a las necesidades del cliente y respondiendo a las necesidades de los sistemas controlados por el mercado. La capacidad de producción de grandes volúmenes es menor que en una línea de montaje, pero esto se compensa por la gran variedad de productos que se pueden fabricar. Los trabajadores deben poseer las capacidades y habilidades para realizar diferentes operaciones para diferentes productos como se observa en la Figura 1 [2].

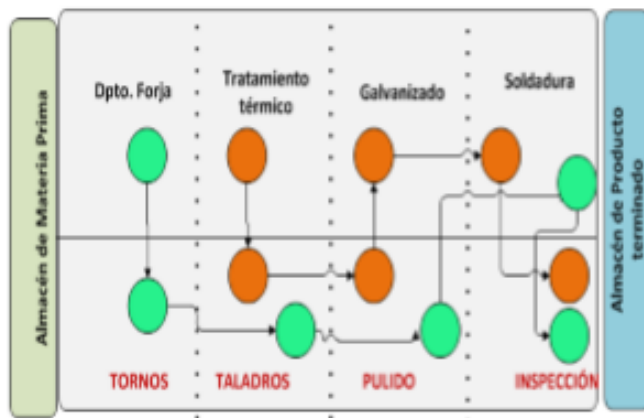


Figura 1 Distribución por procesos [2]

Los productos siguen diferentes rutas, en ocasiones los productos regresan a un área, no como parte de un re-proceso, sino como parte de la secuencia de operaciones necesaria para fabricarlo. También, es posible que la fabricación de un producto no requiera de un proceso. Cuando una empresa utiliza la distribución por proceso tiene la capacidad de fabricar bajo pedido, pero en contraposición, la cantidad de rutas diferentes aumenta en relación a la cantidad de variedades o gamas de productos que se encuentran dentro del sistema de producción. El problema más importante en una distribución por procesos es la programación diaria de actividades.

Características:

- Esta distribución es común en las operaciones en las que se pretende satisfacer necesidades diversas de clientes muy diferentes entre sí.
- El tamaño de cada pedido es pequeño, y la secuencia de operaciones necesarias para fabricarlo varía considerablemente de uno a otro.
- Las máquinas en una distribución por proceso son de uso general y los trabajadores están muy calificados para poder trabajar con ellas.

Ventajas:

- Menor inversión en máquinas debido a que es menor la duplicidad. Sólo se necesitan las máquinas suficientes de cada clase para manejar la carga máxima normal. Las sobrecargas se resolverán por lo general, trabajando horas extraordinarias.
- Pueden mantenerse ocupadas las máquinas la mayor parte del tiempo porque el número de ellas (de cada tipo), es generalmente necesario para la producción normal.

- Una gran flexibilidad para ejecutar los trabajos. Es posible asignar tareas a cualquier máquina de la misma clase que esté disponible en ese momento. Fácil, adaptable a gran variedad de productos. Cambios fáciles cuando hay variaciones frecuentes en los productos o en el orden en que se ejecuten las operaciones. Fácilmente adaptable a demandas intermitentes.
- Los operarios son mucho más hábiles porque tienen que saber manejar cualquier máquina (grande o pequeña) del grupo, como preparar la labor, ejecutar operaciones especiales, calibrar el trabajo, y en realidad, tienen que ser mecánicos más simples operarios, lo que proporciona mayores incentivos individuales.
- Los supervisores y los inspectores adquieren pericia y eficiencia, en manejo de sus respectivas clases de máquinas y pueden dirigir la preparación y ejecución de todas las tareas en éstas máquinas.
- Los costos de fabricación pueden mantenerse bajos. Es posible que los de mano de obra sean más altos por unidad cuando la carga sea máxima, pero serán menores que en una disposición por producto, cuando la producción sea baja. Los costos unitarios por gastos generales serán más bajos con una fabricación moderna. Por consiguiente, los costos totales pueden ser inferiores cuando la instalación no está fabricando a su máxima capacidad o cerca de ella.
- Las averías en la maquinaria no interrumpen toda una serie de operaciones. Basta trasladar el trabajo a otra máquina, si está disponible o altera ligeramente el programa, si la tarea en cuestión es urgente y no hay ninguna máquina ociosa en ese momento.

Desventajas:

- Falta de eficiencia. Los lotes no fluyen a través del sistema productivo de una manera ordenada.
- Es frecuente que se produzcan retrocesos.
- El movimiento de unos departamentos a otros puede consumir períodos grandes de tiempo, y tienden a formarse colas.
- Cada vez que llega un lote a un nuevo centro de trabajo, suele ser necesario configurar las máquinas para adaptarlas a los requerimientos del proceso particular.
- La carga de trabajo de los operarios fluctúa con frecuencia, oscilando entre las colas que se forman en algunas ocasiones y el tiempo de espera se produce en otras.
- Sistemas de control de producción mucho más complicados y falta de un control visual.
- Se necesitan más instrucciones y entrenamiento para acoplar a los operarios a sus respectivas tareas. A menudo hay que instruir a los operarios en un oficio determinado.

Cuando se recomienda:

- Cuando la maquinaria es costosa y no puede moverse fácilmente.
- Cuando se fabrican productos similares, pero no idénticos.
- Cuando varían notablemente los tiempos de las distintas operaciones.
- Cuando se tiene una demanda pequeña o intermitente.

Distribución por producto: La distribución por producto se utiliza para la producción de grandes volúmenes, esto disminuye la facilidad para ajustarse a un sistema controlado por el mercado, la distribución por producto se ajusta a sistemas controlados por la producción y a la producción continua. Se producen lotes grandes para productos estándar con alta calidad y un costo aceptable como se indica en la Figura 2 [2].

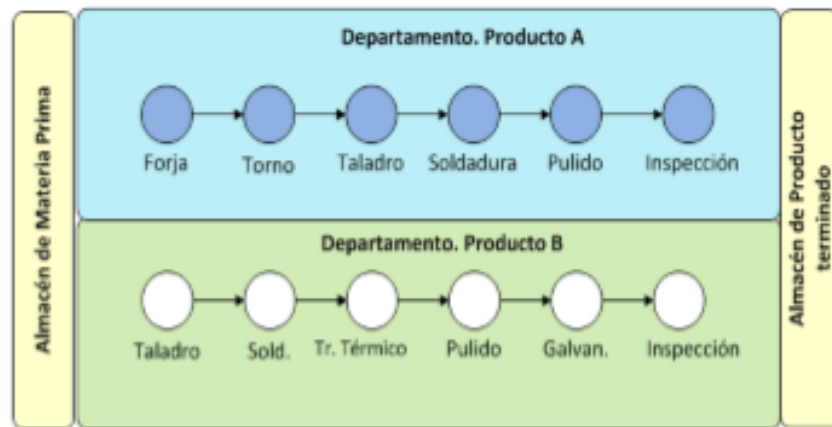


Figura 2 Distribución por producto [2]

A diferencia de la distribución por proceso, las rutas que siguen los productos en la distribución por producto siempre son las mismas, los trabajadores se distribuyen a lo largo de la línea de producción y, generalmente, necesitan pocas habilidades, tan solo las específicas asociadas a la línea en la que se desempeñan.

Los automóviles, los de vagones de tren, los refrescos, los electrodomésticos, las cajas de galletas que encontramos en los supermercados, entre otros, son ejemplos de productos que se fabrican en una planta de producción continua con una distribución por producto. El problema más importante en una distribución por producto es balancear las líneas de producción.

El caso extremo de la producción continua con una distribución por producto es la fabricación de líquidos en la industria química, los líquidos que se fabrican fluyen por las tuberías, es decir, no hay unidades discretas y la producción es de flujo continuo.

Características:

- Toda la maquinaria y equipos necesarios para fabricar determinado producto se agrupan en una misma zona y se ordenan de acuerdo con el proceso de fabricación.
- Se emplea principalmente en los casos en que exista una elevada demanda de uno o varios productos más o menos normalizados.

Ventajas:

- El trabajo se mueve siguiendo rutas mecánicas directas, lo que hace que sean menores los retrasos en la fabricación.
- Menos manipulación de materiales debido a que el recorrido a la labor es más corto sobre una serie de máquinas sucesivas, contiguas o puestos de trabajo adyacentes.
- Estrecha coordinación de la fabricación debido al orden definido de las operaciones sobre máquinas contiguas. Menos probabilidades de que se pierdan materiales o que se produzcan retrasos de fabricación.
- Tiempo total de producción menor. Se evitan las demoras entre máquinas.
- Menores cantidades de trabajo en curso, poca acumulación de materiales en las diferentes operaciones y en el tránsito entre éstas.
- Menor superficie de suelo ocupado por unidad de producto debido a la concentración de la fabricación.
- Cantidad limitada de inspección, quizá solamente una antes de que el producto entre en la línea, otra después que salga de ella y poca inspección entre ambos puntos.
- Control de producción muy simplificado. El control visual reemplaza a gran parte del trabajo de papeleo. Menos impresos

y registros utilizados. La labor se comprueba a la entrada a la línea de producción y a su salida. Pocas órdenes de trabajo, pocos boletos de inspección, pocas órdenes de movimiento, etc. menos contabilidad y costos administrativos más bajos.

- Se obtiene una mejor utilización de la mano de obra debido a: que existe mayor especialización del trabajo. Que es más fácil adiestrarlo. Que se tiene mayor afluencia de mano de obra ya que se pueden emplear trabajadores especializados y no especializados.

Desventajas:

- Elevada inversión en máquinas debido a sus duplicidades en diversas líneas de producción.
- Menos flexibilidad en la ejecución del trabajo porque las tareas no pueden asignarse a otras máquinas similares, como en la disposición por proceso.
- Menos pericia en los operarios. Cada uno aprende un trabajo en una máquina determinada o en un puesto que a menudo consiste en máquinas automáticas que el operario sólo tiene que alimentar.
- La inspección no es muy eficiente. Los inspectores regulan el trabajo en una serie de máquinas diferentes y no se hacen muy expertos en la labor de ninguna clase de ellas; que implica conocer su preparación, las velocidades, las alimentaciones, los límites posibles de su trabajo, etc. Sin embargo, puesto que las máquinas son preparadas para trabajar con operarios expertos en ésta labor, la inspección, aunque abarca una serie de máquinas diferentes puede esperarse razonablemente que sea tan eficiente como si abarcara solo una clase.
- Los costos de fabricación pueden mostrar tendencia a ser más altos, aunque los de mano de obra por unidad, quizás sean más

bajos debido a los gastos generales elevados en la línea de producción. Gastos especialmente altos por unidad cuando las líneas trabajan con poca carga o están ocasionalmente ociosas.

- Peligro que se pare toda la línea de producción si una máquina sufre una avería. A menos de que haya varias máquinas de una misma clase: son necesarias reservas de máquina de reemplazo o que se hagan reparaciones urgentes inmediatas para que el trabajo no se interrumpa.

Cuando se recomienda:

- Cuando se fabrique una pequeña variedad de piezas o productos.
- Cuando difícilmente se varía el diseño del producto.
- Cuando la demanda es constante y se tiene altos volúmenes.
- Cuando es fácil balancear las operaciones.

Distribución por posición fija: La distribución por posición fija se utiliza para la producción de barcos, aviones, construcción de edificios, construcción de plantas eólicas, construcción de puentes, etc. Se trata de una producción por proyecto, se produce un producto una sola ocasión. Las dimensiones de los productos obligan a que sean los trabajadores, las herramientas y los equipos los que se muevan alrededor del producto en proceso como se observa en la Figura 3 [2].

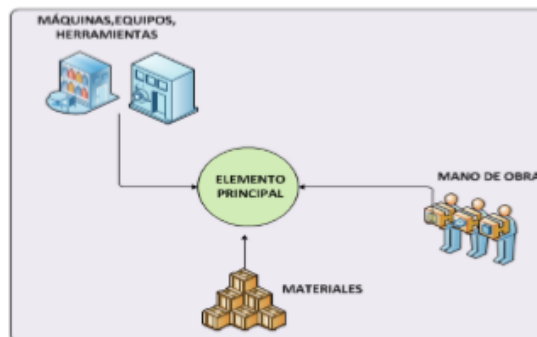


Figura 3 Distribución por posición fija [2]

En este caso, el producto es por pedido, entonces se trata de un caso extremo de producción intermitente.

Existen plantas que son híbridos de las distribuciones por procesos y por productos, estas se conocen como plantas de producción por lote, se trata de distribuciones de planta que responde a mayores volúmenes de los que se podrían obtener con una distribución por procesos, pero menores a los de una distribución por producto; y con la capacidad de ajustarse hasta cierto punto a producir bajo pedido.

Características:

- El producto permanece estático durante todo el proceso de producción.
- Los trabajadores, las máquinas, los materiales o cualquier otro recurso productivo son llevados hacia el lugar de producción.
- La intensidad de utilización de los equipos es baja, porque a menudo resulta menos gravoso abandonar el equipo en un lugar determinado. Donde será necesario de nuevo en pocos días, que trasladarlo de un sitio a otro.
- Con frecuencia las máquinas, ya que solo se utilizan durante un período limitado de tiempo, se alquilan o se subcontratan.
- Los trabajadores están especialmente cualificados para desempeñar las tareas que de ellos se esperan, por este motivo cobran salarios elevados.

Ventajas:

- Reduce el manejo de piezas grandes, aunque se aumenta el de piezas pequeñas.
- Responsabiliza al trabajador de la calidad de su trabajo, mientras más hábiles sean estos, menos inspectores se requerirán.

- Altamente flexible permiten cambios frecuentes en el diseño y secuencia de los productos y una demanda intermitente.
- No requieren una ingeniería de distribución costosa.

Desventajas:

- Escasa flexibilidad en los tiempos de fabricación, el flujo de fabricación no puede ser más rápido que la actividad más lenta.
- Inversión elevada en equipos específicos.
- El conjunto depende de cada una de las partes, la para de alguna máquina o la falta de personal en algunas de las estaciones de trabajo puede parar la cadena completa.
- Trabajos muy monótonos que afectan la moral del personal.

Distribuciones híbridas: Puede definirse como una agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones. Este tipo de distribución permite el mejoramiento de las relaciones humanas y de las habilidades de los trabajadores. Consiste en una combinación entre la distribución orientada al proceso y la orientada al producto como se observa en la Figura 4.

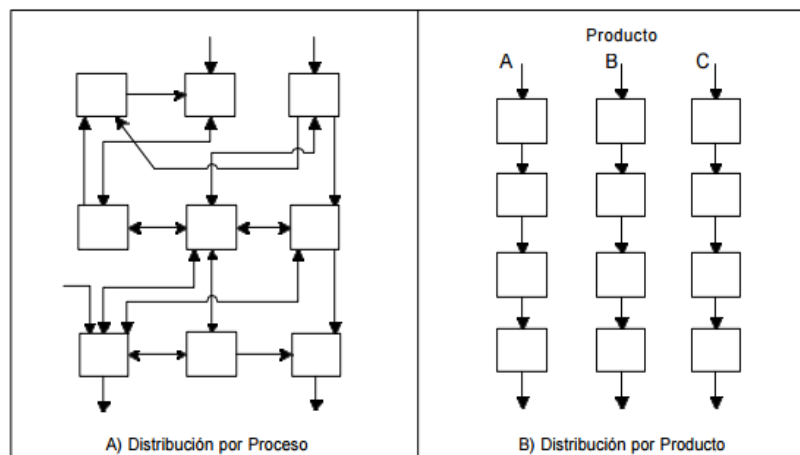


Figura 4 Distribución híbrida

Tabla 1 Características de los tipos básicos de distribución de planta [2].

Atendiendo A	Por producto	Por proceso	Por posición Fija	Híbrida
Producto	*Productos estándar *Alto volumen de producción *Demanda estable	*Varios productos con operaciones comunes *Volumen de producción variable *Demanda variable	*Bajo pedido *Bajo volumen de producción	*Series pequeñas y medianas (lotes) *Flexibilidad. *Gama de productos amplia
Líneas flujo de material	*Procesos lineales *Secuencias iguales para todos los productos	*Líneas entremezcladas retorcidas	*No definidas *Material Estático	*Cortas y sencillas
Calificación de trabajador	*Rutinario y repetitivo *Especializado	*Intermedia	*Gran flexibilidad *Alta calificación	*No hace falta trabajadores
Necesidad de personal	*Gran cantidad *Planificación de materia-operarios *Trabajo de control y mantenimiento	*Personal de planificación manejo de materiales producción y control de inventarios	*Para programación coordinación	*Prácticamente nula sólo supervisión
Manejo de materiales	*Predecible *Flujo sistemático y automatizable	*Flujo variable *Sistemas de manejo duplicados a veces	*Flujo variable *Equipos de manejo generales	Síncrono, totalmente automático
Inventarios	*Mucha rotación de materiales, inventarios reducidos.	*Largos *Mucho trabajo en curso	*Variables, continuas modificaciones	*Mucha rotación de materiales inventarios reducidos
Uso de Espacios	*Eficiente	*Poco efectivo *Mucho requerimiento por trabajo en curso	*Baja producción por unidad de espacio	*Muy efectiva
Inversión	*Elevada en equipos especializados	*Equipos y procesos flexibles	*Equipos y procesos móviles de proceso general	
Costo del producto	*Costos fijos elevados *Costos variables bajos (mano de obra y materiales)	*Costos fijos bajos *Costos variables elevados(material, transporte)	*Bajos costos fijos *Elevados costos variables(mano de obra y materiales)	*Costos fijos elevados *Costos variables bajos

2.2.2. Indicadores empleados para la distribución de planta.

Los indicadores que han aplicado diferentes autores al problema se pueden clasificar en dos grandes grupos, aquellos que son cualitativos, es decir que no son cuantificables mediante física o geométrica, sino que debe recurrir a calificaciones otorgadas por evaluador externo.

Por otra parte, se consideran indicadores cuantitativos, que pueden ser obtenidos por la medida de alguna característica física o geométrica del layout de la planta. Los indicadores cuantitativos son los más interesantes pues las medidas se pueden realizar automáticamente sobre la solución siendo más sencillo realizar automatización del proceso de optimización del problema. En la Figura 5 se muestra una clasificación de los indicadores:

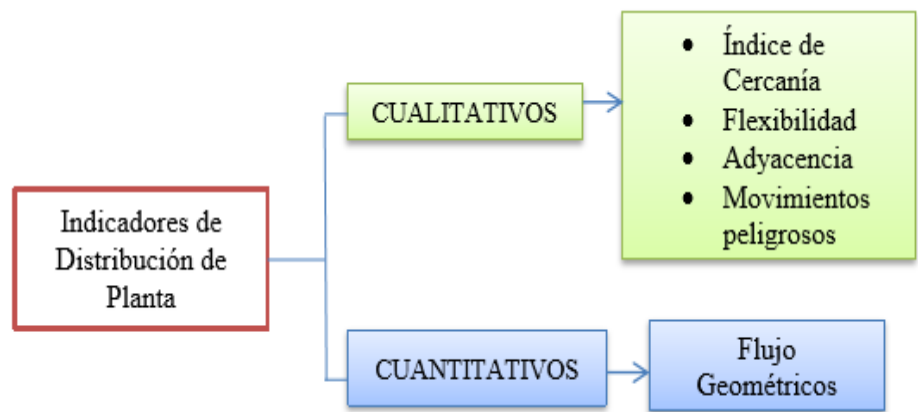


Figura 5 Indicadores de Distribución de planta [3]

Indicadores cuantitativos:

A pesar de que los indicadores cualitativos aportan una información importante en el proceso de generación de soluciones eficientes en el problema de distribución en planta, hay muchas otras características que son medibles y que pueden aportar una información muy valiosa en el proceso de toma de decisiones. Los indicadores cuantitativos aportan medidas precisas y reales de la bondad de una solución y permiten, mediante heurísticas conseguir soluciones que mejoren a las actuales. A continuación, se indica los indicadores cuantitativos que se pueden encontrar:

Indicadores de flujo: El flujo que habitualmente se emplea, por ser el que tiene una mayor repercusión en los costos, es el de materiales, aunque también la importancia del flujo de personal o de maquinaria. Otra forma de medir el flujo es mediante el tiempo de transporte, que incluye los medios de manutención.

Costo de transporte de materiales (MHC): El objetivo principal del problema de distribución en planta es la reducción del costo de transporte de materiales (Material Handling Cost). El costo de transporte interior de materiales puede suponer entre el 20-50% de los costos de fabricación.

Tiempo de movimiento de los materiales (MMT): Otro de los indicadores es el tiempo de movimiento de los materiales. Es un indicador de la eficiencia de las operaciones, puesto que cuanto más rápido se mueva el material, mayor será la productividad de la planta. El tiempo de movimiento de materiales se calcula como el costo de transporte de materiales, salvo que se emplea el tiempo en lugar del costo por unidad de distancia viajada entre actividades [3].

2.2.3. Método de guerchet:

Por este método se calcula los espacios físicos que se requerirán para establecer la planta. Por lo tanto, se hace necesario identificar el número total de maquinaria y equipo llamados elementos estáticos y también el número total de operarios y el equipo de acarreo, llamados elementos móviles. Las máquinas y puestos de trabajo necesitan un cierto espacio físico, denominado superficie estática (**Ss**); junto a él hay que reservar otro, denominado superficie de gravitación, (**Sg**), para que los operarios desarrollen su trabajo y los materiales y herramientas puedan ser situados. Además, hay que añadir la superficie de evolución (**Se**), espacio suficiente para permitir los recorridos de materiales y operarios. De acuerdo con ello, una de las formas más comunes de calcular la superficie total necesaria, **ST**, de un departamento o sección.

$$\mathbf{ST} = \mathbf{Ss} + \mathbf{Sg} + \mathbf{Se} \quad (2.1)$$

Dónde:

ST = superficie total

Ss = superficie estática

Sg = superficie de gravitación

Se = superficie de evolución

Superficie estática (Ss): Corresponde al área de terreno que ocupan los muebles, máquinas y equipos.

$$\mathbf{Ss} = \text{largo} \times \text{ancho} \quad (2.2)$$

Superficie de gravitación (Sg): Es la superficie utilizada por el obrero y por el material almacenado para las operaciones en curso, están alrededor de los puestos de trabajo.

$$\mathbf{Sg} = \mathbf{Ss} \times \mathbf{N} \quad (2.3)$$

Dónde:

N = Número de lados.

Ss = Superficie Estática.

Superficie de evolución (Se): Es la que se reserva entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal, del equipo, de los medios de transporte y para la salida del producto terminado.

$$Se = (Ss + Sg) \times k \quad (2.4)$$

K es un coeficiente que puede variar desde 0,5 hasta 3; se calcula como la relación entre:

Las dimensiones de los hombres u objetos desplazados, por una parte. El doble de las cotas medias de muebles o máquinas entre los cuales estos se desenvuelven. Para el valor de K se tiene una referencia como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2 Coeficientes para la superficie de evolución [4]

	K
Gran industria, alimentación evacuación mediante puente grúa	0,05 a 0,15
Trabajo en cadena, con transportador mecánico.	0,10 a 0,25
Textil (hilado)	0,05 a 0,25
Textil (tejido)	0,50 a 1
Relojería, joyería	0,75 a 1
Pequeña mecánica	1,50 a 2
Industria mecánica	2 a 3

2.2.4. WINQSB:

WinQSB es una herramienta poderosa para el manejo de métodos cuantitativos, el cual está conformado por 19 módulos. Este programa contiene los más útiles y populares métodos cuantitativos usados en las ciencias administrativas, investigación de operaciones y administración de operaciones.

Módulos de WinQsb.

En la Figura 6 se puede observar los módulos de WinQsb.

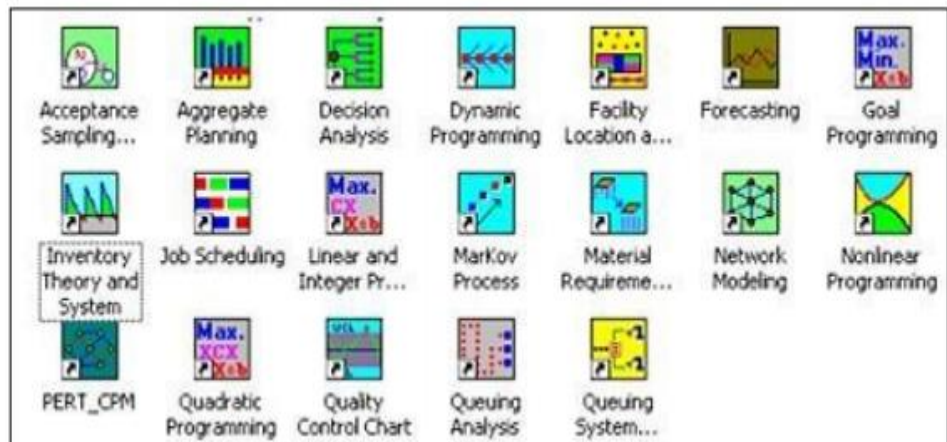


Figura 6 Módulos de WinQSB.

El módulo para Distribución de planta es el Facility Location and Layout que se describe a continuación:

Diseño y localización de plantas (Facility Location and Layout):

Resuelve tres problemas: facilidad de localización, diseño funcional, y línea de equilibrio.

Incluye capacidades para:

- Resolver localizaciones simples y múltiples.
- Usar tres medidas de distancia diferentes.
- Mostrar la solución en un gráfico.
- Mostrar el diseño y análisis de distancia.
- Problemas de línea de equilibrio, muestra el detalle de tareas asignadas y muestra la solución de la línea de diseño en un gráfico.

Instrucciones para la utilización del módulo FLL (Facility Location and Layout):

Para la resolución de problemas de distribución en planta el software utiliza un método heurístico basado en el algoritmo CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), el cual permite obtener la mejor redistribución de una planta existente a través de transposiciones sucesivas de sus departamentos o unidades estructurales, hasta alcanzar el costo mínimo de las interrelaciones entre operaciones o departamentos. A continuación, en la Figura 7 se indica los iconos contenidos en la barra de herramientas del programa con sus funciones específicas.



Figura 7 Instrucciones de WinQsb.

Al ejecutar el módulo se visualizará la pantalla principal del software tal y como se muestra a continuación en la Figura 8.

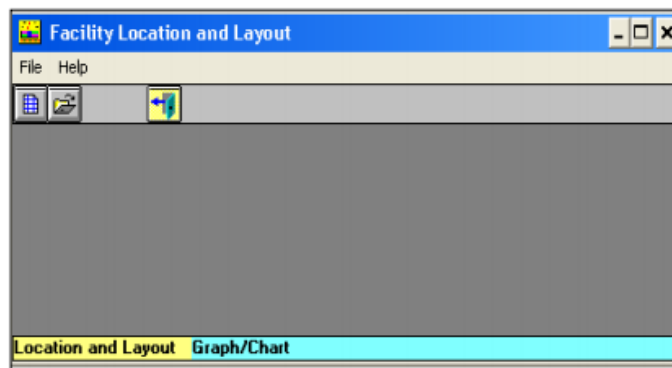


Figura 8 Pantalla principal de WinQsb.

Introducción del problema de distribución en planta:

Primeramente, se selecciona el comando New Problem en el menú File o simplemente hará clic en el icono correspondiente a Problema nuevo. El programa mostrará la siguiente ventana como se ve en la Figura 9.

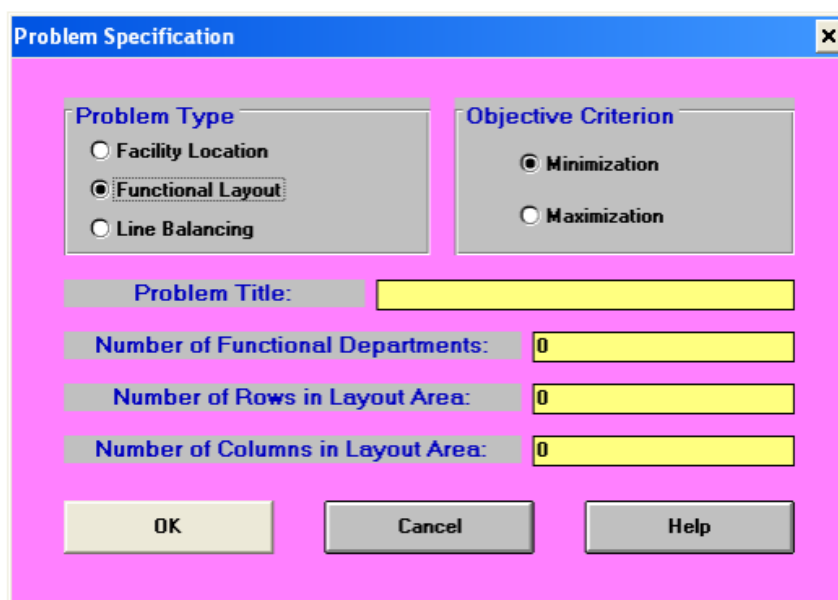


Figura 9 Ventana para ingresar los datos de New Problem.

A continuación, se describe cada una de las casillas de esta ventana:
Problem type (Tipo de problema): Como el caso que nos ocupa son los problemas de distribución en planta, entonces hacemos clic en la opción Functional Layout.

Objective criterion (Criterio de la función objetivo): En función de las características del problema puede ser de minimización o maximización.

Problem title (Título del problema): Se escribe el título con que identificamos el problema.

Number of functional department (Número de departamentos funcionales).

Number rows in layout area (Número de filas en el área de distribución).

Number columns in layout area (Número de columnas en el área de distribución).

La definición del criterio de la función objetivo estará muy relacionada con las características de cada problema en particular. Si la unidad de contribución utilizada es el costo que representa mover una unidad de flujo por una unidad de distancia entre un departamento y otro, entonces debe indicarse el criterio de minimización. En caso de que se trate de unidades de ganancia o ingresos, será maximización. Mediante un ejemplo demostraremos como se introducen los datos para la resolución de un problema de Distribución en Planta [5].

2.2.5. **Seis Sigma:**

El Seis Sigma DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) metodología puede ser pensado como una hoja de ruta para la resolución de problemas y la mejora del producto / proceso. La mayoría de las empresas comienzan la implementación de Six Sigma utilizando la metodología DMAIC, y luego añadir el DFSS (Diseño para Six Sigma, también conocido como DMADV o IDDOV) metodologías cuando la cultura y el nivel de experiencia de organización lo permiten. Usted puede leer las principales diferencias entre DMAIC y DMADV, pero nos centraremos en el DMAIC.

Aunque la metodología DMAIC se presenta a continuación puede parecer lineal y definido de forma explícita, debe tenerse en cuenta que un enfoque iterativo puede ser necesario - especialmente para Black Belts y Green Belts que son nuevas para las herramientas y técnicas que componen DMAIC. Por ejemplo, es posible que al analizar sus datos (Analizar fase) que no reúnen suficientes datos para aislar la causa raíz del problema. En este punto, es posible repetir de nuevo a la fase de la medida. Además, es necesario un conocimiento previo de las herramientas y técnicas en la determinación de qué herramientas son útiles en cada fase. Recuerde, la correcta aplicación de las herramientas

se hace más crítica para la eficacia de la corrección, y usted no necesita utilizar todas las herramientas todo el tiempo [6].

Objetivos de la Metodología Seis Sigma:

- ✓ Reducir la variabilidad.
- ✓ Optimizar productos y procesos.
- ✓ Mejora global del servicio al cliente.
- ✓ Crecimiento de la productividad y valor agregado.
- ✓ Mejora de la capacidad y rendimiento de los procesos.
- ✓ Reducción de los defectos totales y duración del ciclo.
- ✓ Aumento de la confianza del producto.
- ✓ Mejora en el flujo de procesos para hacerlos más predecibles.
- ✓ Mejora en el retorno de la inversión.

Proceso six sigma:

El proceso Seis Sigma (six sigma) se caracteriza por 5 etapas bien concretas; su acrónimo es **DMAIC**, donde:

- **D (Definir):** En la fase de definición se identifican los posibles proyectos Seis Sigma, deben ser evaluados por la dirección para evitar la inadecuada utilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto, se prepara y se selecciona el equipo más adecuado para ejecutarlo, asignándole la prioridad necesaria.
- **M (Medir):** La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables

clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

- **A (Analizar):** En la fase de análisis, el equipo evalúa los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o “focos vitales” que afectan a las variables de respuesta del proceso.
- **I (Mejorar):** En la fase de mejora (Improve en inglés) el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último, se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.
- **C (Controlar):** Fase, control, consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve.

Esta metodología DMAIC de six sigma, se tomará como base de análisis y desarrollo de la nueva distribución de planta en la reducción de costos de producción en el presente estudio.

2.2.6. **Tiempo estándar de las operaciones**

El tiempo estándar de una operación, es el tiempo que debería tardarse un operario calificado en realizar una operación, utilizando un método definido, a una velocidad normal y trabajando en condiciones normales de operación (iluminación, ventilación, ambiente). Para convertir una serie de tiempos observados en tiempos tipo o estándar, requiere de la aplicación sistemática de una serie de pasos como: el cronometraje del trabajo, la valoración del ritmo, y los suplementos del estudio [7].

Factor de valoración: Inicialmente es importante observar a un trabajador calificado quien es la persona que tiene un ritmo tipo es decir un rendimiento promedio con experiencia y los conocimientos para efectuar la tarea y luego se realiza la valoración por medio de las escalas de valoración la norma británica corresponde a una valoración de 100% como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3 Escalas de valoración.

Escalas				Descripción del desempeño	Velocidad e marcha comparable	
60-80	75-100	100-133	0-100 (Norma Británica)		m/h	Km/h
0	0	0	0	Actividad nula		
40	50	67	50	Muy lento: movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés de trabajar	2	3,2
60	75	100	75	Constante, resuelto, sin prisa como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan	3	4,8
80	100	133	100 (Ritmo tipo)	Activo capaz, como obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.	4	6,4
100	125	167	125	Muy rápido, el operador actúa con gran seguridad destreza y coordinación de movimientos muy por encima de las del obrero calificado medio.	5	8,0
120	150	200	150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de <<virtuoso>> sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes	6	9,6

Suplementos: Los suplementos que se pueden conceder en un estudio de tiempos se pueden clasificar a grandes rasgos en:

- Suplementos fijos (necesidades personales)
- Suplementos variables (fatiga básica) y
- Suplementos especiales.

Sin embargo, existe una clasificación más detallada propuesta por la OIT para segmentar los suplementos, tal como se muestra en la Figura 10.

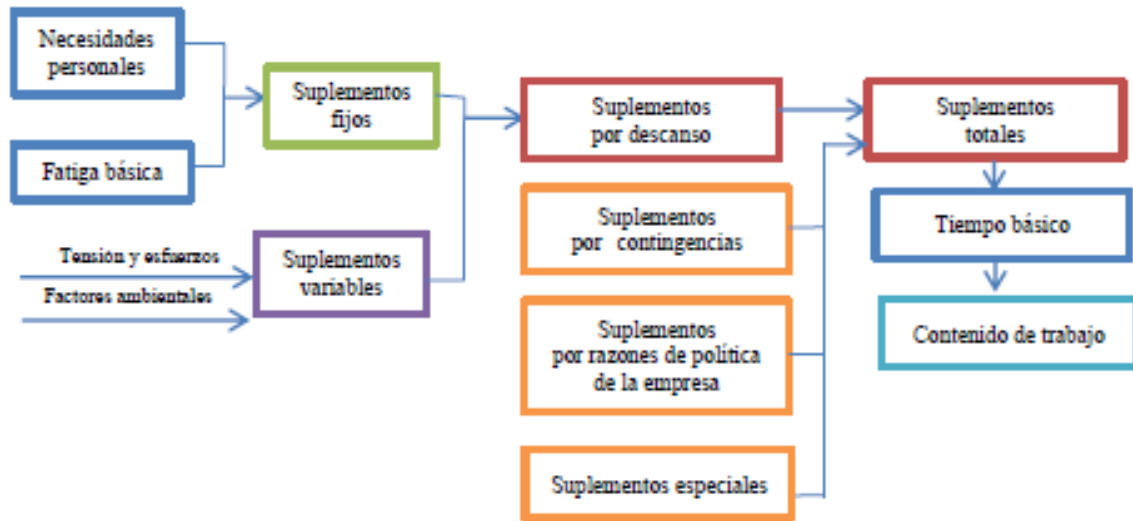


Figura 10 Tipos de Suplementos [8]

Contenido de trabajo: Contenido de trabajo de una tarea u operación es el tiempo básico más el suplemento por descanso más un suplemento por trabajo adicional, o sea la parte del suplemento por contingencias que representa trabajo.

Cálculo del tiempo tipo o estándar para cada proceso: El tiempo tipo o estándar es el tiempo total de ejecución de una tarea al ritmo. El tiempo tipo se puede representar gráficamente como se observa en la Figura 11.

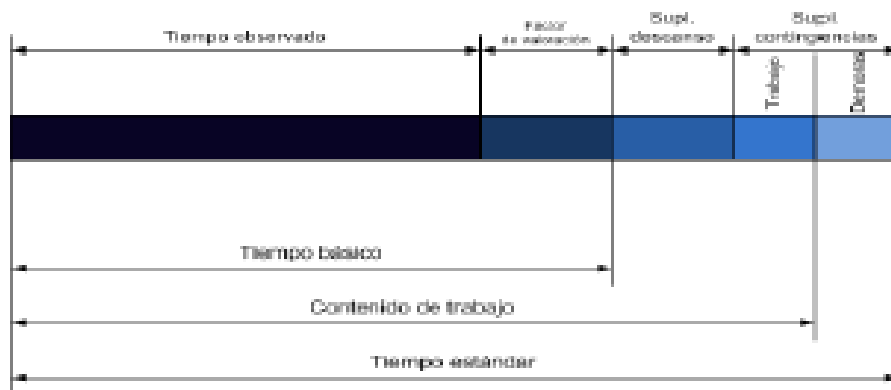


Figura 11 Tiempo estándar de un proceso [8]

Fórmula para calcular el tiempo básico

$$\text{Tiempo básico} = \frac{\text{Tiempo observado} \times \text{Valor de ritmo observado}}{\text{Valor del ritmo tipo}} \quad (2.5)$$

Fórmula para calcular el tiempo estándar o tipo.

$$TE = \text{Tiempo básico} + \text{suplementos} \quad (2.6)$$

Dónde:

Fv = Factor de Valoración.

TE = Tiempo Estándar.

Holgura: Tolerancias por necesidades personales, retrasos inevitables en el trabajo o fatiga del trabajador.

Cálculo del número de observaciones para el estudio de tiempos.

Método estadístico

El método estadístico requiere que se efectúen cierto número de observaciones preliminares (n'), para luego poder aplicar la siguiente fórmula:

Nivel de confianza del 95,45% y un margen de error de $\pm 5\%$ [7].

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (2.7)$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones).

n' = Número de observaciones del estudio preliminar.

Σ = Suma de los valores.

x = Valor de las observaciones.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Material:

3.1.1. Población:

Para la presente investigación, la población que se va tomar en cuenta el total de empleados que trabajan en la empresa de calzado “D’ely”, tanto administrativos como el personal del área de producción contando con el siguiente número de personas como se indica en la Tabla 4.

Tabla 4 Número de personas de calzado D’ely.

Personas	Número
Gerente Propietaria	1
Personal administrativo	2
Empleados	14
Total	17

Fuente: Empresa D’ely

3.1.2. Muestra:

Debido al número reducido de personas que trabaja en la empresa la muestra para realizar las mediciones de trabajo será el mismo número de elementos que conforman nuestra población puesto no supera los 100 elementos.

3.1.3. Unidad de Análisis:

Distribución de planta en la empresa de calzado D’ely S.A.C.

3.2. Método:

3.2.1. Tipo de Investigación:

Tipo de investigación:

- **Investigación descriptiva:** No hay manipulación de variables, estas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural. Su metodología es fundamentalmente descriptiva, aunque puede valerse de algunos elementos cuantitativos y cualitativos.

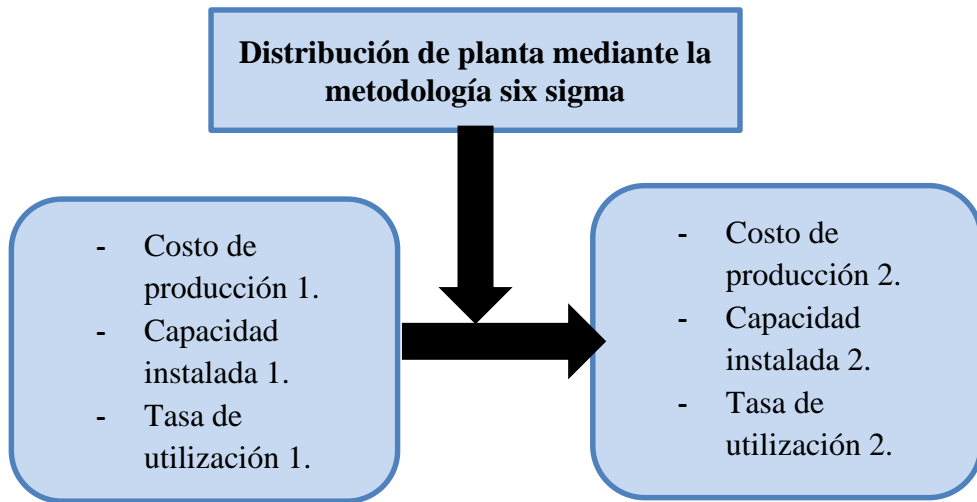
Grado de abstracción:

- **Investigación aplicada:** Su principal objetivo se basa en resolver problemas prácticos, con un margen de generalización limitado. De este modo genera pocos aportes al conocimiento científico desde un punto de vista teórico.

3.2.2. Diseño de Investigación:

- **Cuantitativo no experimental (causa – efecto):** En este sentido, la investigación se centra en analizar cuál es el nivel o estado de una o diversas variables en un momento dado, o bien en cuál es la relación entre un conjunto de variables en un punto en el tiempo. En estos casos el diseño apropiado (bajo un enfoque no experimental) es el transversal o transeccional.

Figura 12 Diseño de Investigación



3.2.3. Variables de estudio y Operacionalización :

Variables de estudio:

➤ **Variable independiente:**

(X): La distribución de planta mediante la metodología six sigma.

➤ **Variable dependiente:**

(Y): Reducción del costo por recorrido de materiales.

Tabla 5 Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Variable Independiente (X): Distribución de planta mediante la metodología six sigma	Organización de elementos existente dentro de la planta, con la finalidad de asegurar la fluidez del flujo de trabajo	Ordenamiento de equipos y establecimientos de trabajo para la elaboración de calzado en la empresa D'ely.	X ₁ : Diseño de planta	X ₁₁ : Distancias	Nominal
Variable dependiente (Y): Reducción del costo por recorrido de materiales	Costo existente entre los espacios de las estaciones de trabajo por donde transcurren las cargas de materiales en proceso.	Costo por las Distancias recorridas entre las áreas de trabajo por el número de cargas para la obtención de unidades de calzado.	Y ₁ : N° de cargas	Y ₁₁ : <i>Minimizar costo</i> $= \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n X_{ij} \cdot C_{ij}$	Numérica

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Instrumentos de recolección de Datos:

- Cronometro.
- Cinta métrica.
- Encuestas.
- Guías de observación.

3.2.5. Procedimientos y análisis de datos:

- Diagnóstico de la situación actual empresa D'ely.
- Análisis de métodos actuales de trabajo que se utiliza para la elaboración calzado para dama en la empresa D'ely, teniendo en cuenta el cursograma analíticos del proceso y diagrama de recorrido actual.
- Determinación del tiempo estándar para la fabricación de calzado.
- Análisis de la capacidad de producción.
- Cálculo del espacio requerido para cada puesto de trabajo a través del método de guertchet.
- Desarrollo de redistribución de planta de calzado D'ely para optimización del espacio físico y mejora de los procesos a través de software WinQsb.

3.2.6. Técnicas de análisis de datos:

- Observación.
- Toma de tiempos.
- Medición de distancias.
- Entrevistas.
- Análisis.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Generalidades de la Empresa:

La Historia de Calzados D'ely comienza hace 12 años en el año de 2004 cuando el Sra. Elisa Avalos Ruiz decide formar Manufactura de Calzado para dama "D'ely" con la iniciativa de crear una empresa que fabrique calzado de calidad para dama, con originales diseños y asequible al cliente en cuanto a precio. La empresa D'ely comenzó sus operaciones en un pequeño local del porvenir, pero debido a su crecimiento y gran demanda es que se traslada a su fábrica propia para satisfacer sus demandas de producción propia y de sus clientes.

Con su esfuerzo y sacrificio y con las experiencias de los años la historia de D'ely se ha visto recompensada con grandes logros y nuestra consolidación como empresa líder en el calzado del norte del Perú.

4.1.1. Visión:

Calzados D'ely para el 2020 se convertirá en una empresa líder y de reconocimiento en la producción de calzado para dama a nivel nacional e internacional, organizando todos sus procesos y departamentos con el objetivo de prestar el mejor servicio y calidad de nuestros productos, logrando con esto ser líderes en la elaboración de un calzado súper versátil y cómodo con precios competitivos para poder abarcar mercados internacionales, desarrollando plenamente la capacidad de nuestro talento humano, contribuyendo de esta forma al desarrollo de la comunidad.

4.1.2. Misión:

D'ely es una empresa dedicada a la producción de calzado para dama, con el propósito de satisfacer las necesidades de los clientes

ofreciéndoles a estos calzar a la mujer con un zapato con diseño, cómodo y en los mejores materiales.

Su producción y método de trabajo es en línea, donde todos trabajan en equipo, con sentido de pertenencia y amor por lo que se hace, lo cual se ve reflejado en un producto con calidad.

Trabajamos siempre en procura del beneficio de todos, que tanto el cliente interno como el cliente externo y proveedores obtengan ganancias y mejoramiento de calidad de vida.

4.1.3. **Objetivos:**

- Incrementar las ventas.
- Ser la empresa líder en el rubro del Calzado.
- Lograr la fidelización de nuestros clientes con nuestra marca.
- Garantizar calidad en nuestros productos ofrecidos.

4.2. **Presentación de Resultados:**

4.2.1. **Cálculo de la Capacidad Instalada Actual y tiempos estándar de los procesos.**

A continuación, se presenta los cálculos realizados para determinar estos parámetros, lo que permitirá saber la situación productiva actual.

Estudio de Tiempos en los procesos.

Para el desarrollo del estudio de tiempos se utiliza los formularios para reunir datos establecidos por el libro de la OIT (Organización Internacional del Trabajo), debido a que en estos modelos se registra de forma más detallada los datos necesarios para el estudio brindado mayor exactitud en los resultados. Como se indica en el Anexo 2. Para empezar el estudio de tiempos primero se establece el número de observaciones en el cual es el método estadístico que brinda un nivel de confianza del 95,45% y un margen de error de $\pm 5\%$.

Cálculo del número de observaciones

Se efectúa un cierto número de observaciones preliminares (n'), para ello se realiza una muestra tomando 10 lecturas sí los ciclos son ≤ 2 minutos y 5 lecturas sí los ciclos son > 2 minutos, esto debido a que hay más confiabilidad en tiempos más grandes, que en tiempos muy pequeños donde la probabilidad de error puede aumentar para luego poder aplicar Ecuación 2.7:

En la Tabla 6 se muestra el resumen del número de observaciones para cada proceso de elaboración de calzado R-FASHION. El cálculo completo de cada operación se muestra en el Anexo 3.

Tabla 6 Número de observaciones en los procesos

Operaciones	Numero de Ciclos
Corte	10
Destallado	9
Troquelado	10
Hormas	11
Armado	12
Terminado	10

Fuente: Elaboración propia

Resumen de los tiempos estándar de los procesos de elaboración de calzado.

Se presenta la Tabla 7 que corresponde al resumen de los tiempos de todas las operaciones del calzado D'ely con sus respectivos suplementos. El estudio completo de tiempos de todos los procesos de la elaboración de calzado para dama se puede observar en el Anexo 5.

Tabla 7 Resumen de los tiempos estándar de los procesos de elaboración de calzado.

Operación	TB (min)	Suplementos (min)	Tiempo Estándar (min)	Tiempo estándar por par (min)
Corte	2,03	0,24	2,27	4,54
Destallado	0,669	0,130	0,80	1,6
Troquelado	1,93	0,07	2	4
Hormas	0,79	0,09	0,88	1,76
Armado	0,562	0,734	1,296	2,6
Terminado	2,303	0,280	2,58	5,16
TOTAL				19.66 min/par

Fuente: Elaboración propia

En el resumen se puede observar que es necesario 19.66 min por par para la elaboración del calzado para dama con una distancia de recorrido de 38.91 m.

Análisis de la capacidad de producción.

Para determinar el número de pares de zapatos que es capaz de producir cada operación se utiliza la ecuación (4.1), teniendo en cuenta que el tiempo de producción por día corresponde a 8 horas laborables, es decir, 480 minutos.

$$Cp = 1/ Ts *TDP \quad (4.1)$$

Cp = Capacidad de producción

Ts = Tiempo estándar

TPD = Tiempo de producción por día.

Medición del desempeño de los procesos.

Calzado D'ely S.A.C. produce bajo pedido por órdenes de producción de 12 pares. A continuación, en la Figura 13 se indica el flujo general del proceso que representa cada una de las operaciones que comprende la elaboración de calzado, además se indica el tiempo requerido para llevar a cabo dicha operación.

Análisis de los procesos críticos.

La estación más lenta determina la producción por día y, por lo tanto, sólo es posible producir 93 pares por jornada puesto que ese es el límite de la operación, que corresponde a la estación de terminado es decir que esta es la capacidad de producción actual de la empresa D'ely S.A.C.

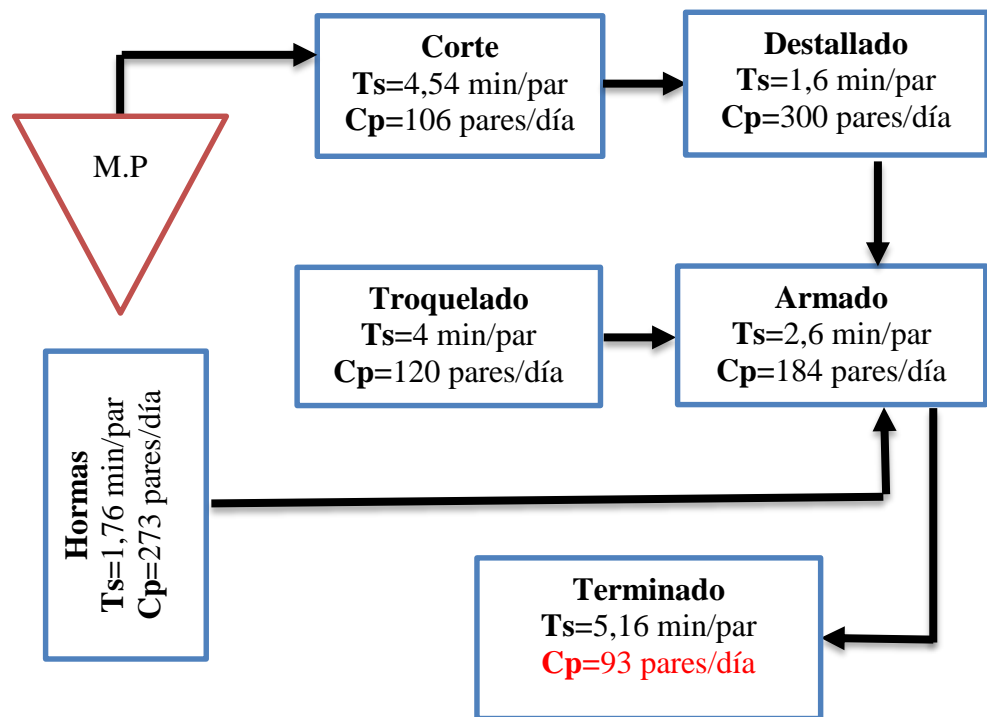


Figura 13 Flujo de proceso de producción.

Tabla 8 Cálculo de la capacidad real de producción.

OPERACIÓN	Tiempo por operario (min)	CAPACIDAD DE PRODUCCION Cp=1/Ts	Número de Pares al día
Corte	OPERARIO 1 TIEMPO TAREA 4,54 min/par	$\frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{4,54 \frac{\text{min}}{\text{pares}}} * 8 \frac{\text{hora.}}{\text{día}}$	106 pares/día
Destallado	OPERARIO 2 TIEMPO TAREA 1,6 min/par	$\frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{1,6 \frac{\text{min}}{\text{pares}}} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$	300 pares/día
Troquelado	OPERARIO 3 TIEMPO TAREA 4 min/par	$\frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{4 \frac{\text{min}}{\text{pares}}} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$	120 pares/día
Hormas	OPERARIO 4 TIEMPO TAREA 1,76 min/par	$\frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{1,76 \frac{\text{min}}{\text{pares}}} * 8 \frac{\text{hora.}}{\text{día}}$	273 pares/día
Armado	OPERARIO 5 TIEMPO TAREA 2,6 min/par	$\frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{2,6 \frac{\text{min}}{\text{pares}}} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$	184 pares/día
Terminado	OPERARIO 6 TIEMPO TAREA 5,16 min/par	$\frac{60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{5,16 \frac{\text{min}}{\text{pares}}} * 8 \frac{\text{hora.}}{\text{día}}$	93 pares/día

Fuente: Elaboración propia

Calculo de la capacidad instalada

Es la producción económica que puede desarrollar un proceso en un determinado tiempo:

$$C.I = \text{Tasa de producción} * N^{\circ} \text{ de horas/Tiempo}$$

Determinación de la capacidad instalada

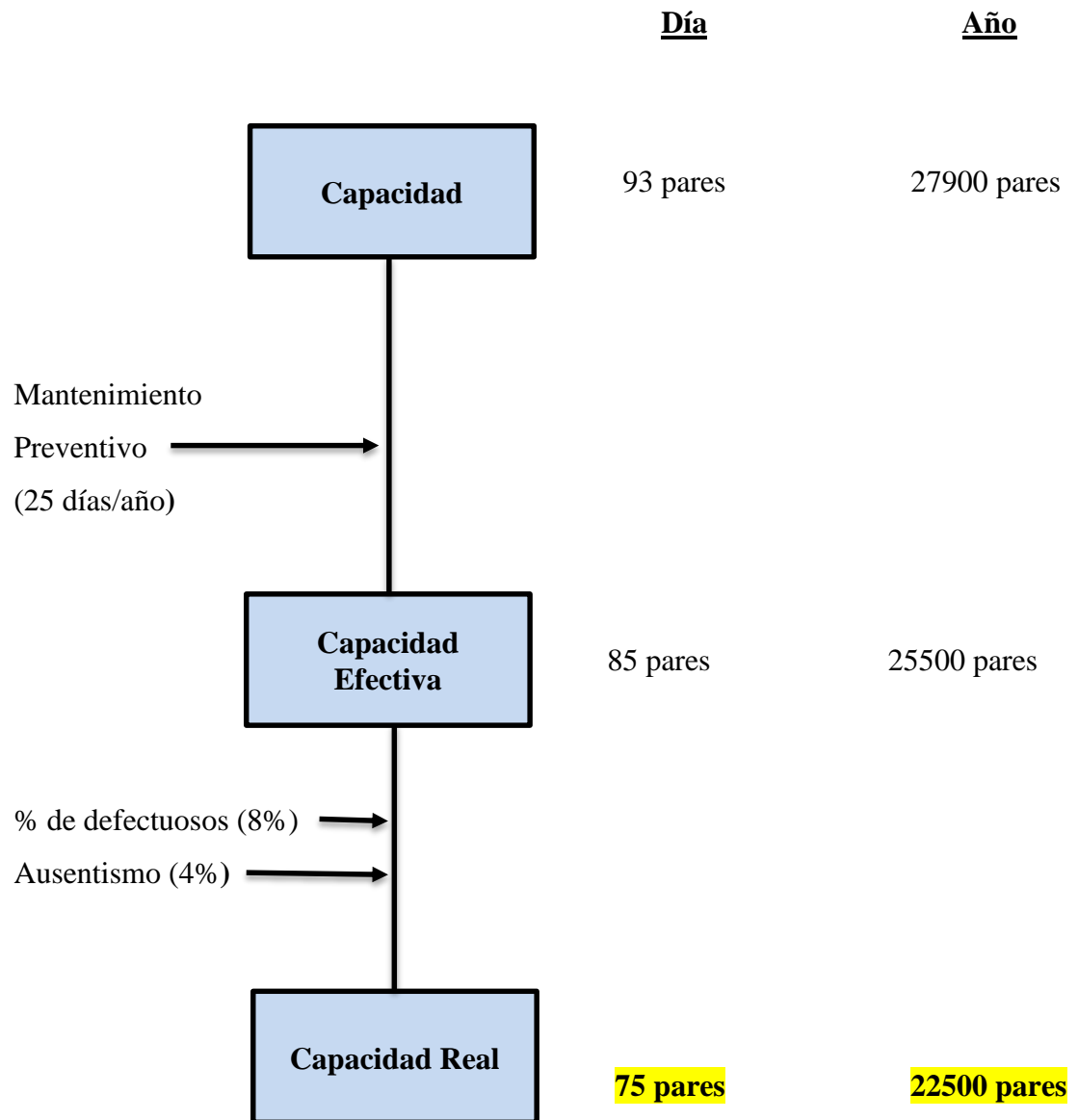


Figura 14 Capacidad instalada

4.2.2. Selección del tipo de distribución de planta y análisis del espacio requerido.

Tipo de distribución de planta

El primer paso para la realización de la planificación de la distribución en planta es la recopilación de las previsiones de las necesidades de los productos. Se trata de una fase delicada en la que se debe prever cuáles son los pedidos que en el futuro se van a recibir, para lo que se puede partir del histórico disponible.

Con el objetivo de simplificar el análisis, agrupamos los productos por familias que van a ser fabricadas según el mismo proceso.

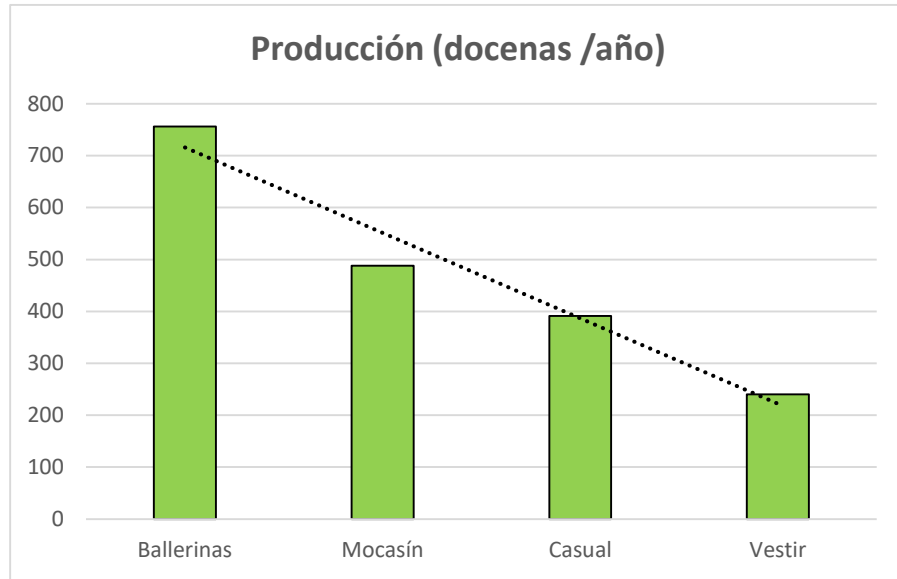
Tabla 9 Demanda anual de la empresa D'ely

DEMANDA ANUAL (DOCENAS/AÑO)			
Líneas de Producción	Producción (docenas /año)	% Individual	% Acumulado
Ballerinas	756	0.40	0.40
Mocasín	488	0.26	0.66
Casual	391	0.21	0.87
Vestir	240	0.13	1
TOTAL	1875		

Fuente: Empresa D'ely

Se obtiene una nueva gráfica 1 que facilita la información de la dispersión que hay entre los distintos tipos de distribución de pedidos:

Gráfico 1 Producción anual de calzado para dama



Según Richard Muther:

Si la curva tiene gran pendiente (Tipo-I), es aconsejable que se haga una división entre los tipos de productos, planteándose soluciones distintas para las gamas de productos de mayor demanda y las gamas de menor demanda. Lo más recomendable para gamas de gran demanda es el uso de **producción por producto (en línea o célula de producción).**

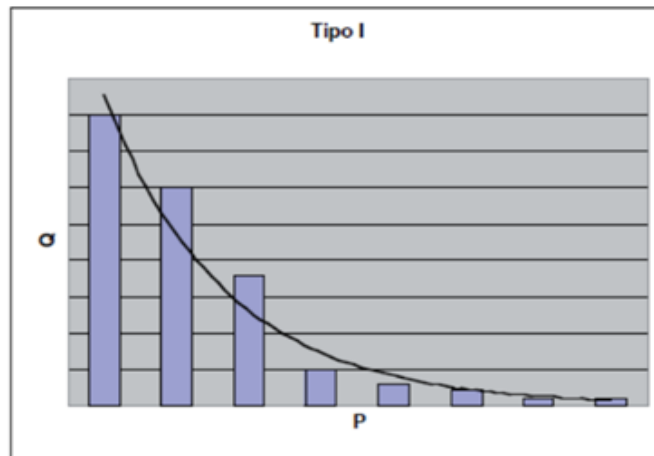


Figura 15 Distribución tipo I

Si la curva es de tipo más plano (Tipo-III), lo más recomendable es realizar una única distribución en planta en la que se combinen los procesos de producción. Nos estaríamos dirigiendo hacia una **distribución por procesos**.

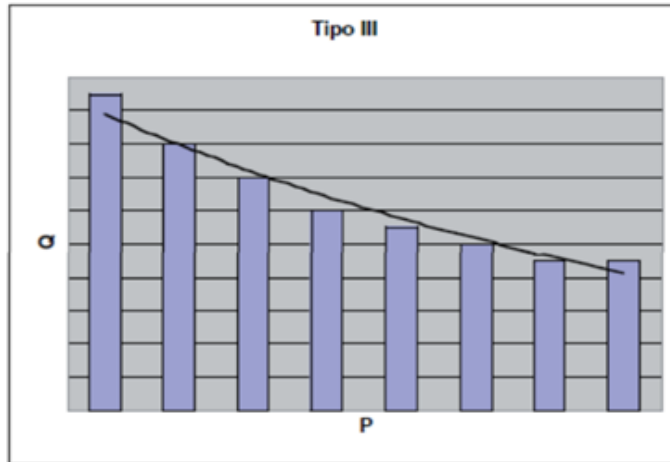


Figura 16 Distribución tipo III

El **Tipo-II** indica que deben considerarse soluciones intermedias. Nuestro gráfico de producción, demuestra que necesitamos llevar a cabo una distribución de planta **tipo proceso** (taller de fabricación), por su naturaleza se asemeja al gráfico tipo III (línea recta).

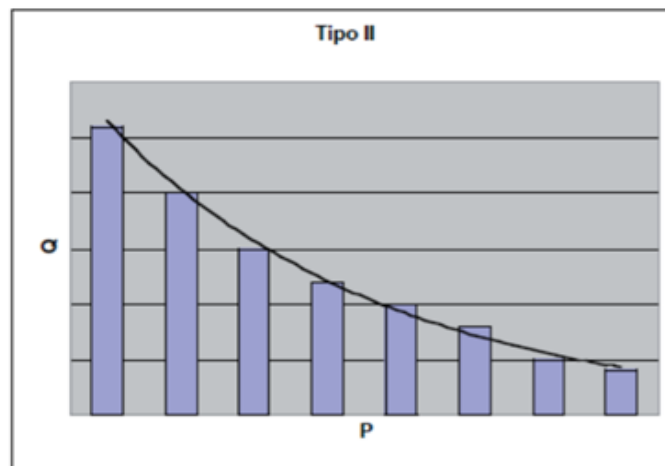


Figura 17 Distribución tipo II

Distribución de Planta

A través del estudio de métodos y tiempos se detectó cada uno de los problemas presentes en la producción, por lo tanto, con toda la información recolectada es posible llevar a cabo la propuesta de la nueva distribución que permita organizar los puestos de trabajo y asegure la fluidez de los materiales, personas e información a través del sistema productivo.

Además, se busca hallar una ordenación más económica para el trabajo, de igual forma segura y satisfactoria para los empleados.

Algunos de los síntomas que se pusieron en manifiesto para recurrir a la redistribución de una planta fueron:

- Congestión y deficiente utilización del espacio.
- Acumulación excesiva de materiales en proceso.
- Excesivas distancias a recorrer en el flujo de trabajo.
- Simultaneidad de cuellos de botella y ociosidad en centros de trabajo.
- Trabajadores cualificados realizando demasiadas operaciones poco complejas.
- Ansiedad y malestar de la mano de obra. Accidentes laborales.
- Dificultad de control de las operaciones y del personal.

Análisis de las restricciones

Antes de proceder a realizar la distribución de planta es necesario conocer las restricciones que posee la planta de producción entre las cuales tenemos:

Restricciones de precedencia: Se debe tomar en cuenta el orden de ciertas áreas deben ir una a continuación de otra y no se puede alterar el orden de los mismos es decir el corte, perfilado, troquelado, hormas, armado y acabado en orden general. Sin embargo, los procesos dentro de cada una si pueden ser modificadas como se indica en la Figura 18.

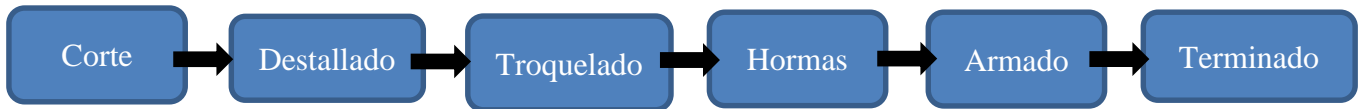


Figura 18 Orden de las Operaciones.

Restricciones de zona: Se debe tomar en cuenta que las áreas en las que se trabaja con productos inflamables no pueden estar juntas a las que trabajan con fuego, es decir el terminado no puede ir junto al empastado ni al aparado puesto que se utiliza pegamento y materiales inflamables como son las telas y forros del zapato.

Otra restricción es el preparado de plantas que necesita un lugar apartado de las demás zonas pues se trabaja con químicos como: limpiador, alógeno y primer por eso debe tener una buena ventilación.

Metodología para la distribución de planta

Para realizar el estudio se debe tener claro cuál es la decisión clave, en este caso es la ordenación de los departamentos, lo que se logra satisfaciendo criterios relevantes como disminuir las distancias a recorrer y el costo del transporte de materiales, procurando aumentar la eficiencia de las operaciones. Así, la superficie, la seguridad en el trabajo y la localización fija de determinados departamentos, limitarán y, probablemente, modificarán las soluciones obtenidas.

Análisis del espacio requerido.

Para determinar el espacio necesario de cada puesto de trabajo del área de producción se usa el método de Guertchet, el cual permite evaluar el espacio físico para tener una aproximación del área requerida. Este método se realiza con el propósito de tener el espacio adecuado para los equipos, máquinas y todos los recursos necesarios para la fabricación del producto.

Tabla 10 Cálculo de la superficie de operaciones de la empresa D'ely

Área de corte								
Características					Superficie de Guerchet			
N°	Maquina/Equipos/ Mobiliarios	Largo (l)	Ancho(a)	N° de lados	Superficie estática (Ss)m ²	Superficie de gravitación (Sg)m ²	Superficie de evolución (Se)m ²	Superficie total (St)m ²
1	Mesa de corte	1,2	0,9	1	1,08	1,08	2,16	4,32
2	Estante de moldes	1,6	0,5	3	0,8	2,4	3,2	6,4
3	Estampadora	1,2	0,8	1	0,96	0,96	1,92	3,84
Total								14,56

Tabla 11 Cálculo de la superficie de operaciones de la empresa D'ely (Continuación 1)

Área de destallado								
Características					Superficie de Guerchet			
N°	Maquina/Equipos / Mobiliarios	Largo (l)	Ancho(a)	N° de lados	Superficie estática (Ss)m ²	Superficie de gravitación (Sg)m ²	Superficie de evolución (Se)m ²	Superficie total (St)m ²
1	Máquina empioladora	1,1	0,5	1	0,55	0,55	1,1	2,2
2	Máquina de coser Singer 1	1,18	0,5	1	0,59	0,59	1,18	2,36
3	Máquina de coser Singer 2	1	0,5	1	0,5	0,5	1	2
4	Máquina de coser Singer 3	1,1	0,5	1	0,55	0,55	1,1	2,2
5	Destalladora	1,1	0,5	1	0,55	0,55	1,1	2,2
6	Máquina de coser Overlock 1	1,1	0,5	1	0,55	0,55	1,1	2,2
7	Máquina de coser Overlock 2	1,1	0,5	1	0,55	0,55	1,1	2,2
8	Mesa de cortes	2,4	0,6	4	1,44	5,76	7,2	14,4
Total								29,76

Área de troquelado								
Características					Superficie de Guerchet			
N°	Maquina/Equipos/ Mobiliarios	Largo (l)	Ancho(a)	N° de lados	Superficie estática (Ss)m ²	Superficie de gravitación (Sg)m ²	Superficie de evolución (Se)m ²	Superficie total (St)m ²
1	Troqueladora	1,2	1	1	1,2	1,2	2,4	4,8
2	Estante de troqueles	0,65	0,36	1	0,234	0,234	0,468	0,936
3	Máquina strobil	1,25	0,5	1	0,625	0,625	1,25	2,5
4	Destalladora de plantas	2,4	0,6	1	1,44	1,44	2,88	5,76
Total								13,996

Tabla 12 Cálculo de la superficie de operaciones de la empresa D'ely (Continuación 2)

Área de preparado de hormas								
Características					Superficie de Guerchet			
N°	Maquina/Equipos/ Mobiliarios	Largo (l)	Ancho(a)	N° de lados	Superficie estática (Ss)m ²	Superficie de gravitación (Sg)m ²	Superficie de evolución (Se)m ²	Superficie total (St)m ²
1	Estante de hormas	0,57	0,57	1	0,3249	0,3249	0,6498	1,2996
2	Grapadora	0,2	0,17	1	0,034	0,034	0,068	0,136
3	Estante móvil	1,3	0,41	4	0,533	2,132	2,665	5,33
Total								6,7656

Área de armado								
Características					Superficie de Guerchet			
N°	Maquina/Equipos/ Mobiliarios	Largo (l)	Ancho(a)	N° de lados	Superficie estática (Ss)m ²	Superficie de gravitación (Sg)m ²	Superficie de evolución (Se)m ²	Superficie total (St)m ²
1	Mesa de empastado	0,8	0,6	2	0,48	0,96	1,44	2,88
2	Estructura de empastado	1,7	0,5	1	0,85	0,85	1,7	3,4
3	Armadora de puntas	1,48	1,42	1	2,1016	2,1016	4,2032	8,4064
4	Mesa de armar talones	0,52	0,51	1	0,2652	0,2652	0,5304	1,0608
5	Mesa sacadora de hormas	0,53	0,5	1	0,265	0,265	0,53	1,06
6	Horno pequeño	0,35	0,35	4	0,1225	0,49	0,6125	1,225
7	Cámara de alógeno	2	1	1	2	2	4	8
Total								26,0322

Tabla 13 Cálculo de la superficie de operaciones de la empresa D'ely (Continuación 3)

Área de terminado								
Características					Superficie de Guerchet			
N°	Maquina/Equipos/ Mobiliarios	Largo (l)	Ancho(a)	N° de lados	Superficie estática (Ss)m ²	Superficie de gravitación (Sg)m ²	Superficie de evolución (Se)m ²	Superficie total (St)m ²
1	Mesa de terminado	0,8	0,65	3	0,52	1,56	2,08	4,16
2	Estante de zapatos	0,5	0,5	3	0,25	0,75	1	2
3	Estante 2	0,8	0,6	2	0,48	0,96	1,44	2,88
4	Cajas	1,25	0,65	2	0,8125	1,625	2,4375	4,875
Total								13,915

De acuerdo al método de Guerchet para el área de producción se requiere **105,029 m²** para ubicar los distintos puestos de trabajo con sus respectivos equipos y máquinas en el diseño de la nueva distribución.

4.2.3. Cálculo del costo del manejo de materiales

Sistema de manejo de materiales:

El manejo de materiales puede llegar a ser el problema de la producción ya que agrega poco valor al producto, consume una parte del presupuesto de manufactura. Este manejo de materiales incluye consideraciones de movimiento, lugar, tiempo, espacio y cantidad.

Matriz de flujo de materiales entre departamentos

Las cargas representan lo que produce cada operario en su puesto de trabajo es decir que en la empresa se realiza 93 pares de zapatos para dama al día y aproximadamente 2232 pares al mes.

Matriz de costos de mover el material

Para realizar la matriz primero se debe calcular el costo de mover el material de un departamento a otro.

Costo de mover el material.

Para calcular el costo de mover el material se toma en cuenta los tiempos de los transportes ejecutados para realizar cada operación para la elaboración de calzado y el sueldo del operario debido a que el movimiento lo realiza manualmente.

Costo transporte = Sueldo hora x Tiempo

Para determinar el sueldo de los empleados se lo hace de acuerdo al Art. 113 del código de trabajo donde establece el derecho al décimo tercer sueldo comprendido desde el 1 de diciembre del año anterior al 30 de noviembre del año en curso y del derecho a la décima cuarta remuneración para los empelado que es pagada hasta el 15 de marzo en las regiones de la costa e insular, y hasta el 15 de agosto en las regiones de la Sierra y Amazónica. Además, se considera que el aporte patronal mínimo al IEES es de 11.15%.

Tabla 14 Salario que percibe un trabajador.

SALARIO				
Sueldo	Décimo tercero	Décimo cuarto	Aportaciones al IEES del empleador	Total Sueldo al mes
S/. 1,200.00	S/.1200/12 meses= S/.100/mes	S/.1200/12 meses= S/.100/mes	11.15%	S/. 1,533.80

Fuente: Empresa D'ely

Tabla 15 Matriz de flujo interdepartamental.

Matriz de flujo interdepartamental							
Departamentos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
BMP (1)		93	0	0	0	0	0
Corte (2)			93	0	0	0	0
Destallado (3)				0	0	93	0
Troquelado (4)					0	93	0
Hormas (5)						93	0
Armado (6)							93
Terminado (7)							

Cálculo del movimiento del material

- Costo de mover el material de bodega de materia prima a corte.

Tiempo par = 0,0032 horas

Costo hora = $\frac{1,533.80 \text{ soles}}{192 \text{ horas}} = 7.9 \text{ soles/hora}$

Costo par = 7.9 soles/ hora * 0,0032 horas = 0.0253 soles

- Costo de mover el material de corte ha destallado.

Tiempo par = 0,0070 horas

Costo hora = $\frac{1,533.80 \text{ soles}}{192 \text{ horas}} = 7.9 \text{ soles/hora}$

Costo par = 7.9 soles/ hora * 0,0070 horas = 0.0553 soles

- Costo de mover el material de destallado ha armado.

Tiempo par = 0,0078 horas

Costo hora = $\frac{1,533.80 \text{ soles}}{192 \text{ horas}} = 7.9 \text{ soles/hora}$

Costo par = 7.9 soles/ hora * 0,0078 horas = 0.0616 soles

- Costo de mover el material de troquelado ha armado.

Tiempo par = 0,0065 horas

$$\text{Costo hora} = \frac{1,533.80 \text{ soles}}{192 \text{ horas}} = 7.9 \text{ soles/hora}$$

$$\text{Costo par} = 7.9 \text{ soles/ hora} * 0,0065 \text{ horas} = 0.0514 \text{ soles}$$

- Costo de mover el material de hormas al armado.

Tiempo par = 0,0120 horas

$$\text{Costo hora} = \frac{1,533.80 \text{ soles}}{192 \text{ horas}} = 7.9 \text{ soles/hora}$$

$$\text{Costo par} = 7.9 \text{ soles/ hora} * 0,0120 \text{ horas} = 0.0948 \text{ soles}$$

- Costo de mover el material de armado ha terminado.

Tiempo par = 0,0124 horas

$$\text{Costo hora} = \frac{1,533.80 \text{ soles}}{192 \text{ horas}} = 7.9 \text{ soles/hora}$$

$$\text{Costo par} = 7.9 \text{ soles/ hora} * 0,0124 \text{ horas} = 0.0980 \text{ soles}$$

A continuación, en la Tabla 16 se indica el costo de transportar 1 par de zapatos para dama desde una estación de trabajo a otra desde la bodega de materia prima hasta el terminado los cuales se calculan con los tiempos de los transportes ejecutados por cada operario para realizar cada operación para la elaboración de calzado D'ely y el sueldo del mismo debido a que el movimiento lo realiza manualmente.

Tabla 16 Matriz de costo de mover el material

Matriz de costos							
Departamentos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
BMP (1)		0.0253	0	0	0	0	0
Corte (2)			0.0553	0	0	0	0
Destallado(3)				0	0	0.0616	0
Troquelado (4)					0	0.0514	0
Hormas (5)						0.0948	0
Armado (6)							0.0980
Terminado (7)							

4.2.4. **Calculo del Nuevo Costo con la distribución propuesta usando Software WINQSB.**

Modelo operativo

A continuación, se presenta un modelo de solución de acuerdo a los resultados del análisis del estudio de tiempos y métodos, análisis del flujo interdepartamental y el costo de mover materiales a través de los departamentos realizado anteriormente utilizando WinQsb. Para la resolución de la redistribución de planta se utiliza el módulo FLL (Facility Location and Layout) método heurístico basado en el algoritmo CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), el cual permite obtener la mejor redistribución de una planta existente a través de transposiciones sucesivas de sus departamentos o unidades estructurales, hasta alcanzar el costo mínimo de las interrelaciones entre operaciones o departamentos.

Procedimiento y desarrollo del algoritmo (Análisis cuantitativo con WINQSB).

A continuación, se describe paso a paso la utilización del software para determinar la solución más óptima para la redistribución de planta de calzado D'ely.

Paso 1.- Se debe abrir el software WINQSB y ejecutar el módulo Facility Location and Layout, el cual se representa por el icono:



Paso 2: Se crea un nuevo programa nuevo problema (**File > New Problem**) como se observa en la Figura 19.

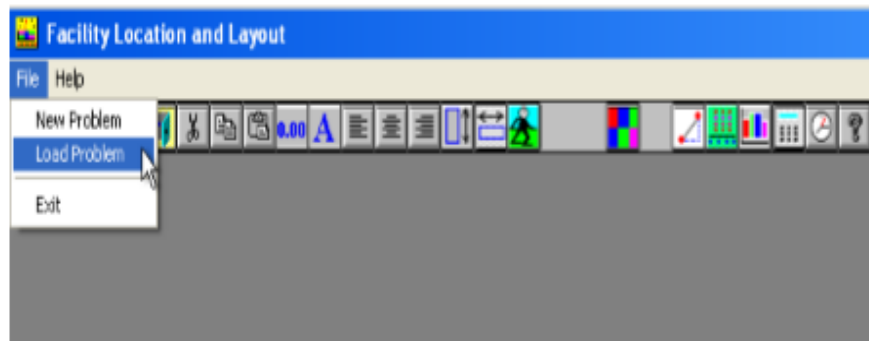


Figura 19 Ventana para crear un nuevo programa.

Las extensiones de los ficheros con los modelos las pone el programa por defecto, por lo tanto, solamente debemos preocuparnos del nombre del problema, que no deberá tener más de 8 caracteres como se observa en la Figura 20.

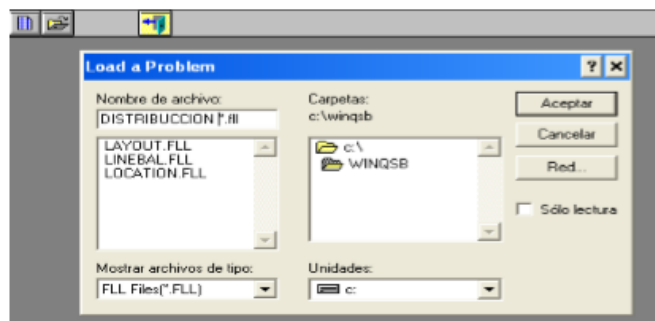


Figura 20 Ventana para guardar el archivo del programa.

Paso 3: Antes de ingresar los datos en el software se realiza una malla que represente la distribución actual con una escala de un metro como se muestra en la Figura 21 para determinar el número de filas y columnas y además que servirá para poder ubicar las coordenadas de cada departamento y ubicarlos en el software.

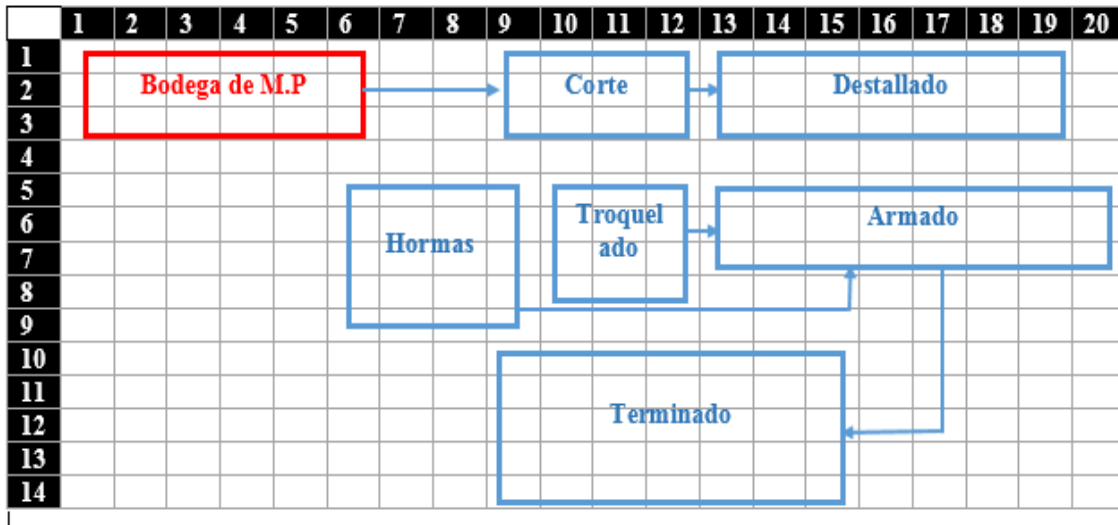


Figura 21 Malla de la distribución actual de la planta

Paso 4: Luego de guardar el nombre del problema aparece un cuadro de dialogo en el cual se selecciona el tipo de problema a resolver, que para este caso será Functional Layout (diseño funcional), debido a que esta considera que la posición de los departamentos funcionales es en forma relativa, o funcional.

Se escribe el número de departamentos que en este caso son 7, número de filas 14 y columnas 20 como se observa en la Figura 22.

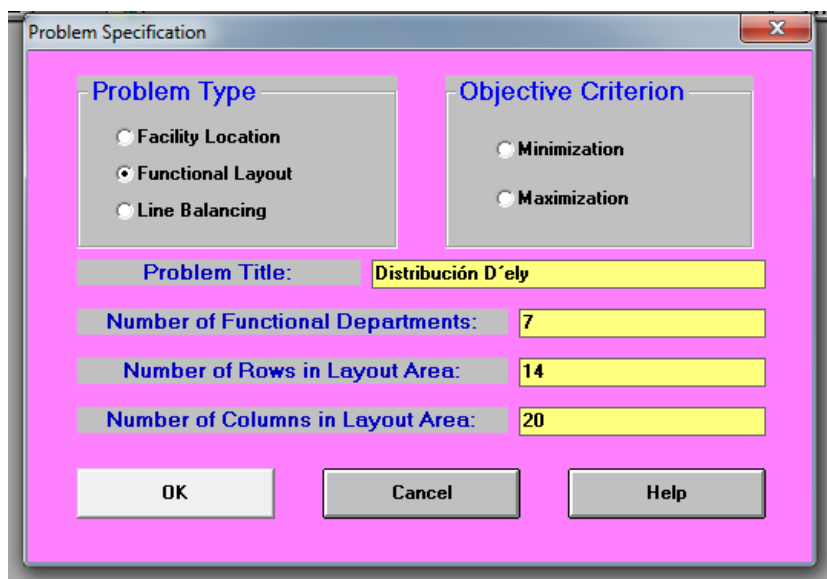


Figura 22 Ingreso de datos en el software.

Paso 5: Se procede a ingresar el flujo que se transporta entre departamentos sobre el costo mensual de mover el material entre departamentos para identificar a cada departamento se estableció de la siguiente codificación:

Tabla 17 Codificación de los departamentos de calzado D'ely.

Código	Departamento
B	Bodega de materia prima
C	Corte
D	Destallado
H	Hormas
T	Troquelado
A	Armado
X	Terminado

Es necesario establecer en la columna Location Fixed si el departamento es fijo y NO si el departamento es móvil en este caso todos los departamentos de producción son móviles a excepción del departamento (B) Bodega de materia prima que permanecen fijos. Se ingresa las

coordenadas donde se encuentran cada uno de los departamentos guiándose en el plano de malla de la Figura 23.

Department Number	Department Name	Location Fixed	To Dep. 1 Flow/Unit Cost	To Dep. 2 Flow/Unit Cost	To Dep. 3 Flow/Unit Cost
1	B	Yes		93/0.0253	
2	C	No			93/0.0553
3	D	No			
4	T	No			
5	H	No			
6	A	No			
7	X	No			

To Dep. 4 Flow/Unit Cost	To Dep. 5 Flow/Unit Cost	To Dep. 6 Flow/Unit Cost	To Dep. 7 Flow/Unit Cost	Initial Layout in Cell Locations [e.g., (3,5), (1,1)-(2,4)]
				(1,1)-(3,6)
				(1,9)-(3,12)
		93/0.0616		(1,13)-(3,19)
		93/0.0514		(5,10)-(8,12)
		93/0.0948		(5,6)-(9,9)
			93/0.0980	(5,13)-(7,20)
				(10,9)-(14,15)

Figura 23 Ingreso de flujo de material y costos.

Paso 6: Ingresados todos los datos en las respectivas celdas procedemos al siguiente paso que es dar solución al problema dando clic en el botón solver



Aparecerá un cuadro de dialogo donde presenta las opciones de solución, así como las de cálculo de distancias, para este caso se utiliza la opción (Improve by Exchanging 2 then 3 departamentos) Bidireccional por intercambio de tres maneras, y la distancia Euclidiana con esto el programa dará la solución que presente mejor optimización de recursos, tanto en espacio físico como económico.

En la Figura 24 se puede apreciar la selección de estas opciones.

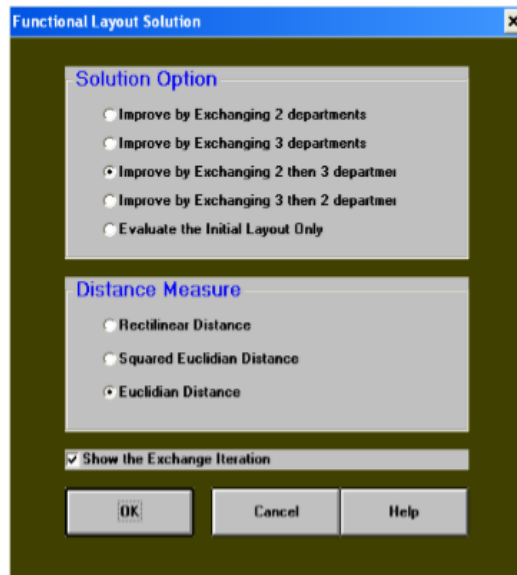


Figura 24 Selección de características de solución.

La primera iteración que da el programa es la equivalente a la situación inicial si se presiona el ícono de layout iteration;



Se despliega el layout actual como se observa en la Figura 25 y a continuación las demás iteraciones hasta llegar al layout final, ver Figura 26 y Figura 27.

Initial Layout for Distribucion D'ely																				
r \ c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	B	B	B	B	B	B			C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	
2	B					B			C			C	D							D
3	B	B	B	B	B	B			C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	
4																				
5						H	H	H	H	T	T	T	A	A	A	A	A	A	A	A
6						H			H	T		T	A							A
7						H			H	T		T	A	A	A	A	A	A	A	A
8						H			H	T	T	T								
9						H	H	H	H											
0									X	X	X	X	X	X	X					
1									X						X					
2									X						X					
3									X						X					
4									X	X	X	X	X	X	X					
Total Cost =242.44 (Euclidian Distance)																				

Figura 25 Layout Actual de la Planta

En la Figura 25 se observa la distribución actual de Calzado D'ely un costo de S/.242,44 al mes de acuerdo al flujo actual del material.

Layout After Iteration 1 for Distribution D'ely																				
r\c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	B	B	B	B	B	B			C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	
2	B					B			C			C	D						D	
3	B	B	B	B	B	B			C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	
4																				
5						H	H	H	H	A	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T
6						H			H	A			A	A	A	A	T	T	T	T
7						H			H	A			A	A	A	A	A	A	A	A
8						H			H	A	A	A								
9						H	H	H	H											
0									X	X	X	X	X	X	X					
1									X						X					
2									X						X					
3									X						X					
4									X	X	X	X	X	X	X					
Total Cost =197.11 Switch Departments: T A (Euclidian Distance)																				

Figura 26 Iteración 1.

En la Figura 26 se observa el cambio de lugar del armado(A) y el troquelado(T) con un costo de movimiento del material de S/. 197.11.

Layout After Iteration 2 for Distribution D'ely																				
r/c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	B	B	B	B	B	B			C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D
2	B					B			C			C	D							D
3	B	B	B	B	B	B			C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D
4																				
5						X	X	X	X	A	A	A	T	T	T	T	T	T	T	T
6						X			X	A			A	A	A	A	T	T	T	T
7						X			X	A			A	A	A	A	A	A	A	A
8						X			X	A	A	A								
9						X	X	X	X											
0									X	X	X	X	X	X	X					
1									X	X	X	X	X	X	X					
2									X	H	H	H	H	H	H					
3									H							H				
4									H	H	H	H	H	H	H					
Total Cost =193.09 Switch Departments: H X (Euclidian Distance)																				

Figura 27 Iteración 2.

En la Figura 27 se observa el cambio del proceso de hormas (H) por el acabado (X) el cual indica un costo de movimiento del material con un costo de S/.193,09.

Paso 7: Después de terminar de ejecutar todas las iteraciones posibles se da clic en Results para analizar la solución del software como se observa en la Figura 28.

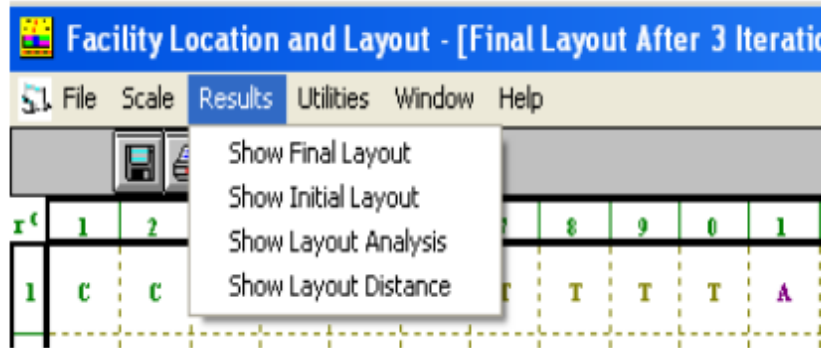


Figura 28 Resultados de WinQsb.

A continuación, se indica la matriz de recorrido actual que genera el software en el cual se toma en cuenta sólo las distancias de recorrido que se realiza en la elaboración de calzado para dama en la empresa D'ely y generar la matriz de distancia de recorrido propuesto en las cual se puede apreciar en la Figura 29.

07-03-2017 00:50:29	To B	To C	To P	To T	To H	To A	To X	Sub Total
From B	0	7	12.50	14.07	14.03	10.92	8.77	67.30
From C	7	0	5.50	7.45	11.17	5.43	6.64	43.20
From P	12.50	5.50	0	3.53	11.70	5.26	9.33	47.83
From T	14.07	7.45	3.53	0	9.20	3.95	8.46	46.67
From H	14.03	11.17	11.70	9.20	0	6.59	5.31	58.01
From A	10.92	5.43	5.26	3.95	6.59	0	4.52	36.68
From X	8.77	6.64	9.33	8.46	5.31	4.52	0	43.04
Sub-Total	67.30	43.20	47.83	46.67	58.01	36.68	43.04	342.72

Figura 29 Matriz de distancia recorrida actual.

Distancia total recorrida Propuesta: 32,82 m

Análisis de resultado de costos:

En nuestro estudio, el análisis consiste en comparar el costo actual de recorrido de materiales en el proceso de fabricación que es S/. 242,44, para un valor base de 93 pares de zapato tipo “dama”, con la nueva propuesta de distribución y recorrido de materiales, para ello se utilizó el software WinQsb, realizando 2 interacciones llegando así a la distribución más óptima y que obtiene un costo de S/. 193,09, significando un ahorro de S/. 49,35. Si consideramos que su producción promedio anual de la empresa es de 27,900 pares, el ahorro total será S/. 14,805.00 año.

5. CONCLUSIONES:

- El análisis del proceso de fabricación de calzado en la empresa D´ely cuenta con seis procesos, corte, destallado, troquelado, hormas, armado y terminado, con una producción anual de 27,900, inferior en un 15% -20% de la competencia, situación originada por la ordenación inadecuada de cada departamento provocan que el flujo del material se congestione y genere costos de transporte de material elevados.
- Al realizar el estudio de tiempos de cada proceso en elaboración de calzado se determinó que el tiempo estándar de producción de la empresa calzado D´ely es de 19,66 minutos por par y según el cálculo de las capacidades de producción se establece que la producción actual es de 93 pares de zapatos por jornada se puede evidenciar que existen transportes de material de largas distancias debido a que la distribución de la planta no es la adecuada. con el nuevo método de trabajo se determinó que se pueden producir 108 pares diarios en el mismo tiempo.
- La propuesta de rediseño de la distribución de planta de producción de la empresa D´ely se realizó a través del uso del software WinQSB en el cual se identificó recorridos innecesarios y congestión del material en proceso, además

ciertas máquinas no se encuentran en el sitio adecuado por esto los materiales no siempre recorren de una estación a la siguiente de manera óptima.

6. RECOMENDACIONES:

- La empresa de calzado D'ely debe realizar un análisis en grupo de productos de características similares para contar con un estándar de producción y realizar un estudio de tiempos a toda la línea de producción a fin de obtener mejores beneficios económicos de tal modo que se redistribuya de mejor manera los equipos y la maquinaria que no se utiliza en el ciclo productivo por su antigüedad debe darse de baja para incrementar la seguridad para los operarios.
- La empresa debe realizar un análisis para cada una de las líneas de productos existente a fin de obtener mejores beneficios económicos.
- La empresa debe procurar reducir los transportes para reducir el costo de manejo de materiales.
- Se recomienda el uso del software WinQsb para la distribución de planta puesto que utiliza la metodología Craft basado criterios cuantitativos como las distancias y flujo del material y permite el ingreso de datos reales acorde a la empresa brindando resultados satisfactorios.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] FORINTEC, Servicios Generales de Formación y Consultoría, S.L., «Manual 19 Distribución de Planta», *CEEI Comunidad Valenciana*, vol. 2, nº 46690, pp. 17-18, 2008.

[2] S. Shmueli, «Distribución de Planta», 20 Julio 2011. [En línea]. Available: http://www.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema5.pdf.

[3] J. M. Montalva Subirats, «Optimización multiobjetivo de la Distribución en Planta de procesos», Valencia, 2011.

[4] A. Suñé, F. Gil y I. Arcusia, *Diseño de Sistemas Productivos*, Madrid: Ediciones Días de Santos S.A, 2004, p. 164.

[5] H. Martínez Rubin, *Manual de uso del WINQSB*, vol. 1, México: Instituto Tecnológico de Tepic, 2010.



[6] Black Belts y Master Black Belts, «Six Sigma DMAIC», [En línea]. Available: <https://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/dmaic/six-sigma-dmaic-roadmap/>

[7] Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al Estudio de Trabajo*, vol. 4, G. Kanawaty, Ed., Madrid: McGraw-Hill, 2002.

[8] G. Kanawaty, *Introducción al Estudio del Trabajo OIT*, Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo, 1998

ANEXOS

Anexo 1. Formato de entrevista

	UPAO Facultad de Ingeniería Industrial ENTREVISTA	
Nombre:	Fecha:	
Cargo:		
Entrevistador:		
<p>1.- ¿Cuál es la distribución actual que tiene la empresa?</p> <p>2.- ¿Tiene problemas de retraso en la entrega de pedidos?</p> <p>3.- ¿Cuál es el modelo de calzado más comercial?</p> <p>4.- ¿Cree que el desempeño de los trabajadores a su cargo es siempre el correcto?</p> <p>5.- ¿Cree usted que existe una buena utilización de espacio de trabajo?</p> <p>6.- ¿Cree que una buena distribución de planta mejoraría la producción?</p>		

Anexo2. Formatos de Estudio de Tiempos establecidos por la OIT

Formulario general de estudio de tiempos

Estudio de Tiempos									
Departamento Operación: Estudio de métodos núm.: Instalación/máquina: Herramientas y calibradores:					Estudio N				
					Hoja Número:				
					Fecha:				
					Término:				
					Comienzo Tiempo				
					Transcurrido.:				
					Operario: Ficha número :				
					Producto/Pieza:				
					Material:				
					Observado por: Fecha:				
					Revisado por:				
Descripción del Elemento	V.	C.	TR	TB.	Descripción del Elemento	V.	C.	TR	TB.
a: V = Valoración.					C = Cronometraje				
					T.R. = Tiempo Restado				
					T.B. = T. Básico				

Hoja de trabajo.

Estudio núm.:			Hoja de trabajo			Hoja:
Elemento	A	B	C	D	E	TCM
(Tiempos básicos)						(Minutos Efectivo)
Totales						
Veces						
Promedios						
TCM =						

Resumen de estudio.

Operación:		Estudio de métodos núm.:		Hoja núm.:	
Instalación/máquina: no		Herramientas y calibradores:		Término:	
Producto/pieza:		Plano Núm:		T. transcurrido:	
Plano Núm:		Material:		T. inicio:	
Condiciones trabajo:		Operario:		T. observado:	
Sexo:		Ficha número:		Observado por:	
Comprobado por:					
El. Num.	Descripción del elemento	T.B	F.	Obs.	
	Repetitivos				
	Elementos de Máquina				
	Elementos casuales y contingencias				

Cálculo de suplementos

TIPO DE TENSION		ELEMENTOS							
		Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Esfuerzo
TENSION FISICA									
TENSION MENTAL									
CONDICIONES DE TRABAJO									
Total de Puntos									
Suplemento por descanso, incluyendo pausas para tomar una bebida (porcentaje)									

Cálculo final del Suplemento por descanso			
Suplemento por fatiga			
	Tiempo básico	Fatiga (%)	Suplemento Minuto
Elementos de trabajo interior	---	---	---
El trabajo es manual y no hay tiempo condicionado por la máquina por lo que no existe trabajo interior.			
Elementos de trabajo Exterior			
A			
B			
C			
D			
E			
Elementos casuales			
TOTAL			
Suplemento por contingencias 2,5 % del tiempo básico total , suplemento por descanso inclusive			
Suplemento por necesidades personales			
5 % del trabajo exterior más el tiempo condicionado por la máquina			
Total del suplemento por descanso			
Suplemento por fatiga mas			
Suplemento por necesidades personales			
			Suma:
			Total

Cálculo de tiempo tipo.

Cálculo y notificación del tiempo tipo del Corte	
Trabajo exterior	min. básicos
Trabajo interior	min. básicos
Suplemento por descanso (SD)	min.
Suplemento por tiempo no ocupado	min.
Tiempo tipo	
Tiempo total de ciclo	

Anexo 3. Cálculo del número de ciclos

Se efectúen cierto número de observaciones preliminares (n'), para luego poder aplicar la Ecuación:

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

Dónde:

n = Tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones)

n' = Número de observaciones del estudio preliminar

Σ = Suma de los valores

Número de ciclos del Proceso de Corte

Número de iteración	Elemento A		Elemento B		Elemento C		Elemento D		Elemento E	
	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	
1	22,24	494,6	26,87	722,0	15,11	228,31	15,17	230,13	6,0	35,8
2	26,6	707,6	28,16	793,0	15,21	231,34	12,79	163,58	4,9	23,6
3	23,12	534,5	27,55	759,0	15,31	234,40	13,48	181,71	4,9	23,7
4	25,18	634,0	27,27	743,7	15,95	254,40	14,50	210,25	5,0	24,7
5	25,61	655,9	27,56	759,6	15,82	250,27	15,13	228,92	4,9	23,6
6	22,93	525,8	25,52	651,3	16,45	270,60	12,62	159,26	5,2	27,5
7	22,97	527,6	26,08	680,2	15,75	248,06	12,54	157,25	4,9	23,6
8	23,24	540,1	28,78	828,3	15,85	251,22	13,85	191,82	5,7	32,8
9	23,53	553,7	28,67	822,0	16,01	256,32	15,14	229,22	5,7	32,7
10	24,57	603,7	27,89	777,9	15,01	225,30	14,43	208,22	5,3	28,5
<i>Suma</i>	239,99	5777,5	274,35	7536,7	156,47	2450,23	139,65	1960,37	52,4	276,6
Número de observaciones:	5		2		1		8		10	

El número de observaciones (n) para el proceso corte corresponde a 10

Número de ciclos del Proceso de Destallado.

Número de iteración	Elemento A		Elemento B		Elemento C		Elemento D	
	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	
1	8,87	78,68	5,11	26,11	15,17	230,13	5,28	27,88
2	8,16	66,59	5,21	27,14	12,79	163,58	4,86	23,62
3	7,34	53,88	5,3	28,09	13,48	181,71	4,57	20,88
4	7,27	52,85	5,95	35,40	14,50	210,25	4,87	23,72
5	7,56	57,15	5,82	33,87	15,13	228,92	4,86	23,62
6	7,52	56,55	6,25	39,06	12,62	159,26	5,24	27,46
7	7,98	63,68	5,75	33,06	12,54	157,25	4,66	21,72
8	8,78	77,09	5,85	34,22	13,85	191,82	5,73	32,83
9	8,67	75,17	6,01	36,12	15,14	229,22	5,75	33,06
10	7,89	62,25	5,01	25,10	14,43	208,22	5,12	26,21
<i>Suma</i>	80,04	643,88	56,26	318,19	139,65	1960,37	50,94	261,00
<i>Número de observaciones:</i>	8		8		8		9	

El número de observaciones (n) para el proceso destallado corresponde a 9

Número de ciclos del Proceso de Troquelado.

Número de iteración	Elemento A		Elemento B		Elemento C	
	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)
1	5,54	30,69	4,44	19,71	5,24	27,46
2	6,19	38,32	5,42	29,38	4,24	17,98
3	5,36	28,73	4,78	22,85	4,81	23,14
4	6,28	39,44	4,79	22,94	5,19	26,94
5	6,74	45,43	5,18	26,83	4,81	23,14
6	5,63	31,70	4,46	19,89	4,63	21,44
7	5,97	35,64	5,52	30,47	4,92	24,21
8	6,31	39,82	5,20	27,04	4,56	20,79
9	5,66	32,04	4,93	24,30	4,13	17,06
10	6,86	47,06	5,56	30,91	5,12	26,21
<i>Suma</i>	60,54	368,8524	50,28	254,3354	47,65	228,3517
<i>Número de observaciones:</i>	10		10		9	

El número de observaciones (n) para el proceso troquelado corresponde a 10

Número de ciclos del Proceso de hormas.

Número de iteración	Elemento A		Elemento B		Elemento C	
	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)
1	12,53	157,00	20,99	440,58	10,56	111,51
2	15,55	241,80	19,67	386,91	9,98	99,60
3	12,48	155,75	19,84	393,63	10,78	116,21
4	12,98	168,48	20,01	400,40	9,03	81,54
5	12,67	160,53	21,97	482,68	11,03	121,66
6	13,76	189,34	18,93	358,34	9,65	93,12
7	14,76	217,86	19,67	386,91	10,36	107,33
8	13,09	171,35	19,89	395,61	11,05	122,10
9	13,08	171,09	20,89	436,39	9,86	97,22
10	15,47	239,32	21,06	443,52	10,15	103,02
<i>Suma</i>	136,37	1872,51	202,92	4124,98	102,45	1053,32
<i>Número de observaciones:</i>	11		3		6	

El número de observaciones (n) para el proceso de hormas corresponde a 11

Número de ciclos del Proceso de Armado.

Número de iteración	Elemento A		Elemento B		Elemento C		Elemento D	
	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)
1	10,85	117,72	3,85	14,82	4,15	17,22	21,52	463,11
2	11,94	142,56	4,02	16,16	3,98	15,84	19,89	395,61
3	9,35	87,42	3,96	15,68	4,04	16,32	21,13	446,48
4	9,93	98,60	3,23	10,43	4,77	22,75	21,76	473,50
5	10,19	103,84	4,13	17,06	3,87	14,98	18,15	329,42
6	10,85	117,72	4,04	16,32	3,96	15,68	21,84	476,99
7	11,03	121,66	4,15	17,22	3,85	14,82	22,02	484,88
8	11,64	135,49	3,36	11,29	4,64	21,53	23,15	535,92
9	10,96	120,12	3,51	12,32	4,49	20,16	22,75	517,56
10	9,35	87,42	4,29	18,40	3,71	13,76	22,13	489,74
11	10,56	111,51	3,9	15,21	3,56	12,67	20,72	429,32
12	11,7	136,89	4,05	16,40	4,06	16,48	21,94	481,36
13	9,72	94,48	4,43	19,62	3,71	13,76	22,13	489,74
<i>Suma</i>	138,07	1475,45	50,92	200,95	52,79	215,99	279,13	6013,63
<i>Número de observaciones:</i>	10		12		12		5	

El número de observaciones (n) para el proceso armado corresponde a 12

Número de ciclos del Proceso de Terminado.

Número de iteración	Elemento A		Elemento B		Elemento C		Elemento D		Elemento E	
	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)	Tiempo (x)	(x ²)
1	8,11	65,7721	47,87	2291,537	32,17	1034,909	26,98	727,9204	15,98	255,3604
2	7,98	63,6804	48,7	2371,69	31,79	1010,604	25,86	668,7396	16,89	285,2721
3	8,39	70,3921	47,08	2216,526	32,48	1054,95	27,57	760,1049	17,57	308,7049
4	6,95	48,3025	50,27	2527,073	36,50	1332,25	25,87	669,2569	15,87	251,8569
5	7,82	61,1524	51,56	2658,434	32,13	1032,337	26,86	721,4596	17,86	318,9796
6	8,28	68,5584	48,25	2328,063	35,62	1268,784	27,24	742,0176	15,24	232,2576
7	7,75	60,0625	49,8	2480,04	34,54	1193,012	26,66	710,7556	16,66	277,5556
8	6,86	47,0596	50,87	2587,757	34,85	1214,523	28,73	825,4129	15,73	247,4329
9	7,76	60,2176	47,67	2272,429	35,14	1234,82	28,75	826,5625	16,75	280,5625
10	8,59	73,7881	50,89	2589,792	36,43	1327,145	25,9	670,81	15,9	252,81
<i>Suma</i>	78,49	618,9857	492,96	24323,34	341,65	11703,33	270,42	7323,04	164,45	2710,793
<i>Número de observaciones:</i>	8		1		4		2		4	

Anexo 4. Tablas para el cálculo de suplementos

Tabla I puntos asignados a las diversas tensiones: resumen

Puntos asignados a las diversas tensiones: resumen				
Tipo de tensión		Grado		
		Baj	Medio	Alto
A	Tensión física provocada por la naturaleza del			
	1. Fuerza ejercida en promedio	0-	0-113	0-149
	2. Postura	0-5	6-11	12-16
	3. Vibraciones	0-4	5-10	11-15
	4. Ciclo breve	0-3	4-6	7-10
	5. Ropa molesta	0-4	5-12	13-20
B	Tensión mental			
	1. Concentración o ansiedad	0-4	0-10	11-16
	2. Monotonía	0-2	3-7	8-10
	3. Tensión visual	0-5	6-11	12-20
	4. Ruido	0-2	3-7	8-10
C	Tensión física o mental provocada por la naturaleza de las condiciones de trabajo.			
	1. Temperatura			
	Humedad baja	0-5	6-11	12-16
	Humedad mediana	0-5	6-14	15-26
	Humedad alta	0-6	7-17	18-36
	2. Ventilación	0-3	4-8	9-12
	3. Emanaciones de gases	0-3	4-8	9-12
	4. Polvo	0-2	3-6	7-10
	5. Suciedad	0-2	3-6	7-10
	6. Presencia de agua			

2. POSTURA

Determinar si el trabajador está sentado, de pie, agachado o en una posición engorrosa, si tiene que manipular una carga y si ésta es fácil o difícil de manipular.

	Puntos
Sentado cómodamente	0
Sentado incómodamente, o a veces sentado y a veces a pie	2
De pie o andando libremente	4
Subiendo o bajando escaleras sin carga	5
De pie o andando con una carga	6
Subiendo o bajando escaleras de mano, o debiendo a veces inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	8
Levantando pesos con dificultad, traspalando balasto a un contenedor	10
Debiendo constantemente inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	12
Extrayendo carbón con un zapapico, tumbado en una veta baja	16

3. VIBRACIONES

Considerar el impacto de las vibraciones en el cuerpo, extremidades o manos, y el aumento del esfuerzo mental debido a las mismas o a una serie de sacudidas o golpes.

	Puntos
Sentado cómodamente	0
Sentado incómodamente, o a veces sentado y a veces a pie	2
De pie o andando libremente	4
Subiendo o bajando escaleras sin carga	5
De pie o andando con una carga	6
Subiendo o bajando escaleras de mano, o debiendo a veces inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	8
Levantando pesos con dificultad, traspalando balasto a un contenedor	10
Debiendo constantemente inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	12
Extrayendo carbón con un zapapico, tumbado en una veta baja	16

4. CICLO BREVE (FACTOR MUY REPETITIVO)

Si en un trabajo muy repetitivo una serie de elementos muy cortos forman un ciclo que se repite continuamente durante un largo periodo, se atribuyen puntos como se indica a continuación a fin de compensar la imposibilidad de alternar los músculos utilizados durante el trabajo.

Tiempo medio del ciclo (centímetros)	Puntos
16-17	1
15	2
13-14	3
12	4
10-11	5
8-9	6
7	7
6	8
5	9
Menos de 5	10

5. ROPA MOLESTA

Considerar el peso de la ropa de protección en relación con el esfuerzo y el movimiento. Observar asimismo si la ropa estorba la aireación y la respiración.

	Puntos
Guantes de caucho para cirugía	1
Guantes de caucho de uso doméstico	
Botas de caucho	2
Gafas protectoras para afilador	3
Guantes de caucho o piel de uso industrial	5
Máscara (por ejemplo para pintar con pistola)	8
Traje de amianto o chaqueta encerada	15
Ropa de protección incómoda y mascarilla de respiración	20

5. ROPA MOLESTA

Considerar el peso de la ropa de protección en relación con el esfuerzo y el movimiento. Observar asimismo si la ropa estorba la aireación y la respiración.

	Puntos
Guantes de caucho para cirugía	1
Guantes de caucho de uso doméstico	
Botas de caucho	2
Gafas protectoras para afilador	3
Guantes de caucho o piel de uso industrial	5

5. ROPA MOLESTA

Considerar las posibles consecuencias de una menor atención por parte del trabajador, el grado de responsabilidad que asume, la necesidad de coordinar los movimientos con exactitud y el grado de precisión o exactitud exigida.

	Puntos
Hacer un montaje corriente	0
Traspalar balasto	
Hacer un embalaje corriente; lavar vehículos	1
Empujar carrito por un pasillo despejado	
Alimentar troquel de prensa sin tener que aproximar la mano a la prensa	2
Rellenar de agua una batería	
Pintar paredes	3
Juntar lotes pequeños y sencillos sin necesidad de prestar mucha atención	4
Coser a máquina con guía automática	
Pasar con carrito a recoger pedidos de almacén	5
Hacer una inspección simple	
Cargar/descargar troquel de una prensa; alimentar la prensa a mano	
Pintar metal labrado con pistola	6
Sumar cifras	7
inspeccionar componentes detallados	
Bruñir y pulir	8
Coser a máquina guiando manualmente el trabajo	10
Empaquetar bombones surtidos recordando de memoria la presentación y efectuando la consiguiente selección	
Montar trabajos demasiado complejos para ser automatizados	
Soldar piezas sujetas con una plantilla	
Conducir un autobús con tráfico intenso o neblina	15
Marcar piezas con detalles de mucha precisión	

2. MONOTONIA

Considerar el grado de estímulo mental y, en caso de trabajar con otras personas, espíritu de competencia, música, etc.

	Puntos
Efectuar de a dos un trabajo por encargo	0
Limpiarse los zapatos solitariamente durante media hora	3
Efectuar un trabajo repetitivo	5
Efectuar un trabajo no repetitivo	
Hacer una inspección corriente	6
Sumar columnas similares de cifras	8
Efectuar solo un trabajo sumamente repetitivo	11

2. MONOTONIA

Considerar el grado de estímulo mental y, en caso de trabajar con otras personas, espíritu de competencia, música, etc.

	Puntos
Efectuar de a dos un trabajo por encargo	0
Limpiarse los zapatos solitariamente durante media hora	3
Efectuar un trabajo repetitivo	5
Efectuar un trabajo no repetitivo	
Hacer una inspección corriente	6
Sumar columnas similares de cifras	8
Efectuar solo un trabajo sumamente repetitivo	11
Soldar por arco con máscara	10
Inspeccionar con la vista en forma continua, p. ej., los tejidos salidos del telar	
Hacer grabados utilizando un monóculo de aumento	14

3. RUIDO

Considerar si el ruido afecta a la concentración, si es un zumbido constante o un ruido de fondo, si es regular o aparece de improviso, si es irritante o sedante. (Se ha dicho del ruido que es un sonido fuerte producido por otra persona y no por mí.)

	Puntos
Trabajar en una oficina tranquila sin ruidos que distraigan	0
Trabajar en un taller de pequeños montajes	
Trabajar en una oficina del centro de la ciudad oyendo continuamente el ruido del tráfico	1
Trabajar en un taller de máquinas ligeras	2
Trabajar en una oficina o taller donde el ruido distraiga la atención	
Clasificar manzanas según su tamaño	
Trabajar en un taller de carpintería	4
Hacer funcionar un martillo de vapor en una fragua	5
Perforar pavimentos de carretera	9
Tensión física o mental provocada	10

Tensión física o mental provocada por la naturaleza de las condiciones de trabajo.

1. TEMPERATURA Y HUMEDAD

Considerar las condiciones generales de temperatura y humedad de la atmósfera y clasificarlas como se indica a continuación. Según la temperatura media observada, seleccionar el valor adecuado en una de las series siguientes:

Humedad (por ciento)	Temperatura		
	Hasta 23 °C	De 23 a 32 °C	Más de 32 °C
Hasta 75	0	6-9	12-
De 76 a 85	1	8-12	15-
Más de 85	4	12-17	20-

2. VENTILACIÓN

Considerar la calidad y frescura del aire, así como el hecho de que circule o no (climatización o corriente natural).

	Puntos
	0
Fabricas con ambiente físico similar al de una oficina	
Talleres con ventilación aceptable, pero con un poco de corriente de aire	1
Talleres con corrientes de aire	3
Sistema de cloacas	14

2. EMANACIÓN DE GASES

Considerar la naturaleza y concentración de las emanaciones de gases: tóxicos o nocivos para la salud; irritantes para los ojos, nariz, garganta o piel; olor desagradable

	Puntos
Torno con liquido refrigerantes	0
Pintura de emulación	1
Corte por llama de oxidación	
Soldadura con resina	
Gases de escapa de vehículos de motor en un pequeño garaje comercial	5
Pintura celulosa	6
Trabajos de modelado con metales	10

3. POLVO

Considerar el volumen y tipo de polvo.

	Puntos
Trabajo de oficina	0
Operación normales de montaje ligero	
Trabajo en taller de prensas	
Operaciones de rectificación y bruñido cono buen sistema de aspiración de aire	1
Aserrar madera	2
Evacuar cenizas	4
Abrasión de soldaduras	6
Trasegar coque de tolvas a volcadores o camiones	10
Descargar cemento	11
Demoler Edificios	12

4. SUCIEDAD

Considerar la naturaleza del trabajo y la molestia general causada por el hecho de que sea sucio. Este suplemento comprende el << tiempo para lavarse>> en los casos en que se paga (es decir, si los trabajadores disponen de tres o cinco minutos para lavarse, etc.). No deben atribuirse puntos y tiempo a la vez

	Puntos
Trabajo de oficina	0
Operación normales de montaje	
Manejo de multicopistas de oficina	1
Barrido de polvo y basura	2
Desmontaje de motores de combustible interna	4
Trabajo debajo de un vehículo de motor usado	5
Descargar de sacos de cemento	7
Extracción de carbón	10
Deshollinado de chimeneas	

5. PRESENCIA DE AGUA

Considerar el efecto acumulativo del trabajo efectuado en ambiente mojado durante un largo período.

	Puntos
Operaciones normales de fabrica	0
Trabajo al aire libre, p, cj, el de cartero	1
Trabajo continuo en lugares húmedos	2
Apomazado de paredes con agua	4
Manipulacion continua de productos mojados	5
Lavanderia, tintoreria: trabajos con agua y vapor	
Suelo empapado de agua, manos en contacto con el agua.	10

Tabla de conversión de los puntos.

Porcentaje de suplemento por descanso según el total de puntos atribuidos.

Puntos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
8	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
9	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
100	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7
110	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8
120	8	8	9	9	9	9	9	9	9	100
130	101	103	105	106	107	109	110	112	113	115
140	116	118	119	121	122	123	125	126	128	130

Anexo 5. Estudio de tiempos del proceso de calzado para dama.

PROCESO DE CORTE

Formulario del estudio de tiempos del proceso de corte

Hoja de trabajo del proceso de corte.

Estudio núm.: 1			Hoja de trabajo			Hoja: 3 de 4
Elemento	A	B	C	D	E	TCM
(Tiempos básicos)						(Minutos Efectivo)
1	95	45	25	25	10	-
2	97	47	25	21	8	-
3	94	46	26	22	8	-
4	99	45	27	24	8	-
5	96	46	26	25	8	-
6	96	43	27	21	9	-
7	95	43	26	21	8	-
8	96	48	26	23	10	-
9	100	48	27	25	10	-
10	98	46	25	24	9	-
Totales	9,66	4,57	2,60	2,31	0,88	0,00
Veces	10	10	10	10	10	0
Promedios	0,966	0,457	0,260	0,231	0,088	0
TCM = 0 Minutos efectivos A+B+D+E+F= 2,002						

Resumen de estudio.

El. Num.	Descripción del elemento	T.B	F.	Obs.	
	Repetitivos				
A	Trabajo exterior	0,966	1/1	10	
B	Trabajo exterior	0,457	1/1	10	
C	Trabajo exterior	0,260	1/1	10	
D	Trabajo exterior	0,231	1/1	10	
E	Trabajo exterior	0,088	1/1	10	
	Elementos de Máquina				
	Elementos casuales y contingencias				
	Elegir molde de acuerdo al modelo	0,008	1/10		
	Afilar la cuchilla con una piedra	0,008	1/10		
	Clasificar piezas cortadas	0,008	1/10		
	Abateerse de pintura	0,0011	1/10		

Cálculo de suplementos de área de Corte.

SUPLEMENTOS DEL AREA DE CORTE																	
TIPO DE TENSION		ELEMENTOS REPETITIVOS										ELEMENTOS CASUALES					
		Recibir la orden y traer el material de bodega		Coger molde y cortar cuero: costado, lengüeta, capellada, talón superior y pintar.		Coger molde y cortar en textil los Talón superior y pintar.		Coger y cortar en forro lateral, forro de lengüeta y puntera.		Entregar cortes a destallado		Elegir molde de acuerdo a la talla		Afilarse con una piedra		Clasificar piezas cortadas	
		Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos
TENSION FISICA	Fuerza Media (Kg)	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Postura	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4
	Vibraciones	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Ciclo Breve	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Mediano	6	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Ropa Molesta	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
TENSION MENTAL	Concentración/Ansiedad	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	1	Mediano	5
	Monotonía	Mediano	5	Mediano	5	Mediano	5	Mediano	5	Mediano	5	Mediano	3	Mediano	3	Mediano	3
	Tensión Visual	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2
	Ruido	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2
CONDICIONES DE TRABAJO	Temperatura/Humedad	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Ventilación	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1
	Emanaciones de Gases	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Pólvora	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Suciedad	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2
	Presencia de agua	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Total de Puntos		16		16		16		22		16		14		15		19
Suplemento por descanso, incluyendo pausas para tomar una bebida (porcentaje)		12		12		12		13		11		11		12		12	
Suplemento por fatiga (Restar 5% asignado a necesidades personales)		7		7		7		6		8		6		7		7	

Cálculo final del Suplemento por descanso.

Suplemento por fatiga				
		Tiempo básico	Fatiga (%)	Suplemento Minuto
Elementos de trabajo interior				
El trabajo es manual y no hay tiempo condicionado por la máquina por lo que no existe trabajo interior.				
Elementos de trabajo Exterior	A	0,9966	7	0,0698
	B	0,457	7	0,0320
	C	0,26	7	0,0182
	D	0,231	6	0,0139
	E	0,088	8	0,0070
Elementos casuales		0,008	6	0,0005
		0,008	7	0,0006
		0,011	7	0,0008
TOTAL		2,0596		0,1427
Suplemento por contingencias				
2,5 % del tiempo básico total , suplemento por descanso inclusive				
Suplemento por necesidades personales				
5 % del trabajo exterior mas el tiempo condicionado por la máquina				0,1016
Total del suplemento por descanso				
Suplemento por fatiga mas				0,1427
Suplemento por necesidades personales				0,1016
Suma:				0,2422
Total				0,24 min

Cálculo y notificación del tiempo tipo del corte

Cálculo y notificación del tiempo tipo del Corte		
Trabajo exterior	2,03 min. básicos	
Trabajo interior	0,00 min. básicos	
Suplemento por descanso (SD)	0,24	min
Suplemento por tiempo no ocupado	0,00 min.	
Tiempo tipo	2,27 min. Tipo	
Tiempo total de ciclo		
1 PAR = 4,54 min		

PROCESO DE DESTALLADO

Hoja de trabajo del proceso de Destallado

Estudio núm.: 1		Hoja de trabajo			Hoja núm.: 3 de 4
Elemento	A	B	C	D	TCM
(Tiempos básicos)					(Minutos Efectivo)
1	15	9	25	9	-
2	14	9	21	8	-
3	12	9	22	8	-
4	12	10	24	8	-
5	13	10	25	8	-
6	13	10	21	9	-
7	13	10	21	8	-
8	15	10	23	10	-
9	14	10	25	10	-
10	13	8	24	9	-
Totales	1,340	0,950	2,310	0,870	-
Veces	10	10	10	10	-
Promedios	0,134	0,095	0,231	0,087	-
<p>TCM = 0,000 Minutos efectivos</p> <p>A+B+C+D= 0,547 Minutos Básicos</p>					

Resumen de estudio de tiempos del proceso de Destallado

El. Núm.	Descripción del elemento	T.B	F.	Obs.	
	Repetitivos				
A	Trabajo exterior	0,134	1/1	10	
B	Trabajo exterior	0,095	1/1	10	
C	Trabajo exterior	0,231	1/1	10	
D	Trabajo exterior	0,087	1/1	10	
	Elementos de Máquina	—	—	—	
	—	—	—	—	
	Elementos casuales y contingencias				
	Coger el material en proceso que viene de la operación anterior	0,02	1/10		
	Ayudar a descargar y cargar plantas	0,103	1/10	—	saco de 45 Kg
	Hablar con jefe de producción	0,03	1/10		

Cálculo de suplementos del proceso de Destallado.

SUPLEMENTOS DEL DESTALLADO													
TIPO DE TENSIÓN		TAREAS											
		Rebajar filos de lengüeta.		Rebajar filos capellada.		Rebajar costado y talón superior		Enviar a preparado de piezas		Elemento Ocasional coger el material en proceso		Elemento Ocasional (Ayudar a descargar rollos de tela y plantas)	
		Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos
TENSIÓN FÍSICA	Fuerza Media (Kg)	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Mediano	0	Mediano	76
	Postura	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	4	Bajo	4
	Vibraciones	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	0	Bajo	0
	Ciclo Breve	Bajo	3	Mediano	6	Bajo	0	Mediano	6	Bajo	0	Mediano	5
	Ropa Molesta	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
TENSIÓN MENTAL	Concentración/Ansiedad	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1
	Monotonía	Mediano	5	Mediano	5	Mediano	5	Mediano	5	Bajo	0	Bajo	0
	Tensión Visual	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	0	Bajo	0
	Ruido	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2
CONDICIONES DE TRABAJO	Temperatura/Humedad	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Ventilación	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1
	Emanaciones de Gases	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Pólvora	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1
	Suciedad	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2
	Presencia de agua	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
Total de Puntos			21		24		18		24		11		92
Suplemento por descanso, incluyendo pausas para tomar una bebida (porcentaje)		13		14		12		14		11		56	
Suplemento por fatiga (Restar 5% asignado a necesidades personales)		8		9		7		9		6		51	

Cálculo final del Suplemento por descanso del proceso de Destallado.

Cálculo final del Suplemento por descanso			
Suplemento por fatiga			
	Tiempo básico	Fatiga (%)	Suplemento Minuto
Elementos de trabajo interior			
No existe el tiempo condicionado por la máquina puesto que la destalladora no es automática y por lo tanto no existe trabajo interior.			
Elementos de trabajo Exterior			
A	0,134	8	0,0107
B	0,095	9	0,0086
C	0,231	7	0,0162
D	0,087	9	0,0078
Elemento casual	0,019	6	0,0011
Elemento casual	0,103	51	0,0525
TOTAL:	0,669		0,0969
Suplemento por contingencias			
2,5 % del tiempo básico total , suplemento por			
	0,025		
descanso inclusive	0,00065		
Suplemento por necesidades personales			
5 % del trabajo exterior más el tiempo condicionado por la máquina			0,0335
Total del suplemento por descanso			
Suplemento por fatiga mas			0,0969
Suplemento por necesidades personales			0,0335
			0,1304
o sea:			0,13

Cálculo y notificación del tiempo tipo de Destallado.

Cálculo y notificación del tiempo tipo del Destallado	
Trabajo exterior	0,669 min. básicos
Trabajo interior	---- min. básicos
Suplemento por descanso (SD)	0,130 min.
Suplemento por tiempo no ocupado	_____ min.
Tiempo tipo	0,80 min. Tipo

Diagrama de flujo de tiempo:

- Trabajo exterior: 0,669 minutos
- Suplemento: 0,130 minutos
- Tiempo total de ciclo: 0,80 minutos
- IPAR = 1,6 min

PROCESO DE PREPARADO DE HORMAS

Hoja de trabajo del proceso de Preparado de Hormas.

Estudio núm.:	Hoja de trabajo		Hoja núm. : 3 de 4	
Elemento	A	B	C	TCM
	(Tiempos básicos)			(Minutos Efectivo)
1	21	35	18	-
2	26	33	17	-
3	21	33	18	-
4	22	33	15	-
5	21	37	18	-
6	23	32	16	-
7	25	33	17	-
8	22	33	18	-
9	22	35	16	-
10	26	35	17	-
11	25	37	18	-
Totales	2,540	3,760	1,880	-
Veces	11	11	11	-
Promedios	0,231	0,342	0,171	-
TCM=0 Minutos efectivos A+B+C = 0,744				

Resumen de estudio de tiempos del proceso de Preparado de Hormas.

El. Núm.	Descripción del elemento	T.B	F.	Obs.	
	Repetitivos				
A	Trabajo exterior	0,231	1/1	11	
B	Trabajo exterior	0,342			
C	Trabajo exterior	0,171	1/1	11	
	Elementos de Máquina				
	—————	———	———	———	
	Elementos casuales y contingencias				
	Seleccionar horma	0,014	1/11	———	
	Seleccionar plantilla	0,012	1/11		
	Preparar pegamento	0,017	1/11		

Cálculo de suplementos del proceso de Preparado de Hormas.

SUPLEMENTOS PREPARADO DE HORMAS													
TIPO DE TENSIÓN		ELEMENTOS REPETITIVOS						ELEMENTOS CASUALES					
		Coger la horma plástica y grapar con la plantilla		Recortar filos sobrantes de la plantilla.		Colocar pega (isarcol) y enviar a la armadora de puntas		Seleccionar horma		Seleccionar plantilla		Preparar pegamento	
		Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos
TENSIÓN FÍSICA	Fuerza Media (Kg)	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Postura	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4
	Vibraciones	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Ciclo Breve	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	1	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Ropa Molesta	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
TENSIÓN MENTAL	Concentración/Ansiedad	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4
	Monotonía	Mediano	5	Mediano	5	Mediano	5	Mediano	5	Mediano	5	Mediano	5
	Tensión Visual	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2
	Ruido	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2
CONDICIONES DE TRABAJO	Temperatura/Humedad	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Ventilación	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1
	Emanaciones de Gases	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Polvo	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Suciedad	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Presencia de agua	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
Total de Puntos			16		16		17		18		18		18
Suplemento por descanso, incluyendo pausas para tomar una bebida (porcentaje)		12		12		12		12		12		12	
Suplemento por fatiga (Restar 5% asignado a necesidades personales)		7		7		7		7		7		7	

Cálculo final del Suplemento por descanso de Preparado de Hormas.

Cálculo final del Suplemento por descanso			
Suplemento por fatiga			
		Tiempo básico	Fatiga (%)
		Suplemento Minuto	
Elementos de trabajo interior	--	--	--
Elementos de trabajo Exterior	A	0,231	7
	B	0,342	7
	C	0,171	7
Elemento casual		0,014	7
		0,0118	7
		0,0172	7
		0,787	
			0,0551
Suplemento por necesidades personales			
5 % del trabajo exterior más el tiempo condicionado por la máquina (0.311+0.21)*0.05			0,0394
Total del suplemento por descanso			
Suplemento por fatiga mas			0,0551
Suplemento por necesidades personales			0,0394
SUMA:			0,0944
o sea:			0,09

Cálculo final del Suplemento por descanso del proceso de Preparado de Hormas.

Cálculo y notificación del tiempo tipo del Empastado	
Trabajo exterior	0,79 min. básicos
Trabajo interior	0,00 min. básicos
Suplemento por descanso (SD)	0,09 min.
Suplemento por tiempo no ocupado	0,00 min.
Tiempo tipo	0,88 min. Tipo
<p>Tiempo total de ciclo</p> <p>Tiempo exterior 0,79 s=0,09 min</p> <p style="text-align: center;">A B C s</p> <p>Tiempo total de ciclo 0,88 minutos</p> <p style="text-align: center;">1 PAR = 1,76</p>	

PROCESO DE TERMINADO.

Hoja de trabajo del proceso de Terminado.

Estudio núm.: 1	Hoja de trabajo				Hoja núm.: 3 de 4
Elemento	A	B	C	E	TCM
(Tiempos básicos)					(Minutos Efectivo)
1	14	80	54	27	-
2	13	81	53	28	-
3	14	78	54	29	-
4	12	84	61	26	-
5	13	86	54	30	-
6	14	80	59	25	-
7	13	83	58	28	-
8	11	85	58	26	-
9	13	96	92	28	-
10	14	101	94	27	-
Totales	1,310	8,540	6,370	2,740	-
Veces	10	10	10	10	-
Promedios	0,131	0,854	0,637	0,274	-

TCM = Minutos efectivos

$A+B+C+D+E = 2,346$

Resumen de estudio de tiempos del proceso de Terminado

El. Núm.	Descripción del elemento	T.B	F.	Obs.	
	Repetitivos				
A	Trabajo exterior	0,131	1/1	10	
B	Trabajo exterior	0,854	1/1	10	
C	Trabajo exterior	0,637	1/1	10	
D	Trabajo exterior	0,450	1/1	10	
E	Trabajo exterior	0,27	1/1	10	
	Elementos de Máquina	—	—	—	
	_____	—	—	—	
	Elementos casuales y contingencias				
	Traer pasadores	0,011	—	—	
	Clasificar plantillas	0,012			
	Calentar plancha	0,008			

Cálculo de suplementos del proceso de Terminado.

SUPLEMENTOS DE TERMINADO																	
TIPO DE TENSIÓN		ELEMENTOS REPETITIVOS										ELEMENTOS CASUALES					
		Sacar horma de zapato		Colocar plantillas y Poner pasadores.		Pegar etiquetas y talla en plantilla		Limpiar con liquido removedor el zapato.		Colocar el papel de empaque y empacar zapatos.		Traer pasadores		Clasificar plantillas		Calentar plancha	
		Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos	Esfuerzo	Puntos
TENSIÓN FÍSICA	Fuerza Media (Kg)	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Postura	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4	Bajo	4
	Vibraciones	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Ciclo Breve	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Mediano	5	Mediano	4	Bajo	0
	Ropa Molesta	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
TENSIÓN MENTAL	Concentración/Ansiedad	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	4	Bajo	2
	Monotonía	Mediano	6	Mediano	6	Mediano	6	Mediano	6	Mediano	6	Mediano	6	Mediano	6	Mediano	6
	Tensión Visual	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2
	Ruido	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2	Bajo	2
CONDICIONES DE TRABAJO	Temperatura/Humedad	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Ventilación	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1	Bajo	1
	Emanaciones de Gases	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Polvo	Bajo	1	Bajo	0	Bajo	1	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Suciedad	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
	Presencia de agua	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0	Bajo	0
Total de Puntos			16		15		16		15		15		20		23		17
Suplemento por descanso, incluyendo pausas para tomar una bebida (porcentaje)		12		12		12		12		12		13		13		12	
Suplemento por fatiga (Restar 5% asignado a necesidades personales)		7		7		7		7		7		8		8		7	

Cálculo final del Suplemento por descanso de Terminado.

Cálculo final del Suplemento por descanso			
Suplemento por fatiga			
	Tiempo básico	Fatiga (%)	Suplemento Minuto
Elementos de trabajo interior			
El trabajo es manual y no existe el tiempo condicionado por la máquina por lo que no existe trabajo interior.			
Elementos de trabajo Exterior	A	0,131	7
	B	0,854	7
	C	0,637	7
	D	0,45	7
	E	0,2	7
Elementos casuales		0,011	8
		0,012	8
		0,008	7
		2,303	0,1614
Suplemento por necesidades personales			
5 % del trabajo exterior más el tiempo condicionado por la máquina			0,1152
Total del suplemento por descanso			
Suplemento por fatiga mas			0,1614
Suplemento por necesidades personales			0,1152
			0,2766
o sea:			0,28

Cálculo final del Suplemento por descanso del proceso de Terminado.

Cálculo y notificación del tiempo tipo de Terminado.	
Trabajo exterior	2,303 min. básicos
Trabajo interior	_____ min. básicos
Suplemento por descanso (SD)	0,280 min.
Suplemento por tiempo no ocupado	_____ min.
Tiempo tipo	2,58 min. Tipo
Tiempo total de ciclo	
<p>0.4 min</p> <p>Tiempo total de ciclo 2,58 minutos</p> <p>1 par= 5,16 min</p>	