

**PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA EMPRESA DE
CALZADO BEATRIZ DE VARGAS**

ANDERSON ALEXANDER BECERRA RIVERA

94754

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

SECCIONAL BUCARAMANGA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

2015

**PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA EMPRESA DE
CALZADO BEATRIZ DE VARGAS**

ANDERSON ALEXANDER BECERRA RIVERA

94754

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero industrial

DIRECTORA

P.h.D. Maryory Patricia Villamizar León

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

SECCIONAL BUCARAMANGA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

2015

Acta de aceptación

Nota de aceptación

Firma del Jurado calificador

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, Abril de 2015

Agradecimientos

Quiero agradecer primero a Dios por haberme guiado durante todo el proceso de mi carrera, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad, y por permitirme alcanzar este logro tan importante en mi vida.

Agradezco a mis padres Jesús Becerra y Gloria Rivera por todo el apoyo, paciencia y credibilidad que me brindaron, por haberme permitido tener una excelente educación en el transcurso de mi vida, y por ser mi ejemplo de vida y constancia. Igualmente a mi hermano Jhonatan Becerra por ser parte importante en mi vida y representar la unidad familiar. A mi novia Melissa Vargas, persona fundamental en mi vida y en la culminación de mis estudios, por su amor, apoyo incondicional y muy oportuno en momentos difíciles.

A la familia Becerra Alfonso, a mis tíos Orlando Becerra, Luz Stella Alfonso y mis primos, por su apoyo incondicional y sus sabios consejos, que me hicieron crecer como persona.

A mi directora de proyecto P.h.D. Maryory Patricia Villamizar León, por su acompañamiento, apoyo y dedicación durante el proyecto.

Contenido

1. Generalidades de la empresa	17
1.1. Nombre de la empresa.....	17
1.2. Actividad comercial	17
1.3. Empleados	19
1.4. Dirección y teléfono.....	20
1.5. Reseña histórica	20
1.6. Razón social.....	20
1.7. Misión	20
1.8. Visión	21
1.9. Política de calidad	21
1.10.Áreas funcionales de la empresa	21
1.11. Proveedores y clientes	22
2. Definición del problema.....	26
3. Antecedentes.....	28
4. Justificación.....	31
5. Objetivos	33
5.11. Objetivo general	33
5.12. Objetivos específicos	33

6.	Marco teórico.....	34
6.1.	El sistema de manufactura.....	34
6.2.	Clasificación de los sistemas de producción	34
6.3.	El manejo de material.....	36
6.3.1.	Materiales a granel.....	38
6.3.2.	Materiales envasados	38
6.3.3.	Carga unitaria	38
6.4.	Distribución de planta	39
6.4.1.	Diseño de disposiciones de trabajo	39
6.4.2.	Esquema de distribución	40
6.4.3.	Objetivo de la disposición	41
6.4.4.	Principio de la distribución de las estaciones de trabajo	41
6.4.6.	Decisiones importantes	42
6.4.7.	Datos de insumo para el planeamiento inicial de medios e instalaciones.....	42
6.4.8.	Formas de líneas de producción	44
6.5.	El proceso de planeación de instalaciones	46
6.5.1.	Modelos de planificación de la distribución.....	48
6.6.	Determinación del tamaño de la muestra	49
6.7.	Sistema de valoración Westinghouse.....	53
6.7.1.	Tiempo tipo o estándar	57

6.8.	Modelos cuantitativos de planificación de plantas	60
6.9.	Metodología de la planeación sistemática de la distribución de plantas.....	61
6.9.1.	Matriz Origen – Destino.....	62
6.10.	Simulación	66
6.10.1.	Fundamentos de la simulación	67
6.10.2.	Funcionamiento	68
6.10.3.	Ventajas de la simulación.....	71
6.10.4.	Arena.....	72
7.	Diseño metodológico	74
7.1.	Tipo de investigación	74
7.2.	Método de investigación	74
7.3.	Fuentes de información	74
7.4.	Técnicas de información	76
7.5.	Actividades a realizar	76
8.	Análisis del proceso productivo.....	77
8.1.	Descripción del proceso	77
8.2.	Descripción de maquinaria.....	83
8.3.	Diagrama de procesos y estudio de tiempos.....	85
8.4.	Desplazamientos entre los procesos.....	89
8.5.	Calculo del tiempo estándar por medio de las tablas de Westinghouse.....	92

8.6.	Procedimiento de planificación sistemática de la distribución (SLP) de Muther.....	96
8.6.1.	Medición cuantitativa del flujo	97
8.6.2.	Medición cualitativa del flujo	99
9.	Alternativas de distribución de planta.....	102
10.	Análisis por medio del software ARENA.....	108
	Conclusiones.....	117
	Bibliografía.....	118
	Anexos.....	121
	Anexo 1. Diagrama de procesos y promedio de tiempos de la familia planta (documento Excel adjunto).	121
	Anexo 2. Diagrama de procesos y promedio de tiempos de la familia sandalia (documento Excel adjunto).	121
	Anexo 3. Diagrama de procesos y promedio de tiempos de la familia zapatilla (documento Excel adjunto).	121
	Anexo 4. Category overview (arena).	121
	Anexo 5. Queues y Resources (arena).	126

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Logo empresa Beatriz de Vargas.....	17
<i>Figura 2.</i> Flujo en U.....	45
<i>Figura 3.</i> Flujo en L.....	45
<i>Figura 4.</i> Flujo en S.	46
<i>Figura 5.</i> Flujo en serpentina.....	46
<i>Figura 6.</i> Flujo en línea recta.	46
<i>Figura 7.</i> Flujo circular.	46
<i>Figura 8.</i> Fases principales de un estudio de simulación.....	67
<i>Figura 9.</i> Diagrama metodológico del proyecto distribución de planta.	76
<i>Figura 10.</i> Área de corte de material.	77
<i>Figura 11.</i> Área de desbaste.....	78
<i>Figura 12.</i> Área de armado 1.....	79
<i>Figura 13.</i> Área de armado total.....	79
<i>Figura 14.</i> Área de costura.....	80
<i>Figura 15.</i> Área del solador.....	81
<i>Figura 16.</i> Área de troquelado.....	82
<i>Figura 17.</i> Área de emplantillado.....	83
<i>Figura 18.</i> Secuencia de procesos para la familias planta y sandalia.	90
<i>Figura 19.</i> Secuencia de procesos para la familia zapatilla.	90
<i>Figura 20.</i> Relación de procesos y porcentajes de participación triangular.	99
<i>Figura 21.</i> Diagrama de relaciones.....	100

<i>Figura 22.</i> Tabla de relación actividades triangular cualitativa.	101
<i>Figura 23.</i> Distribución inicial de CRAFT y los centroides de los departamentos.	104
<i>Figura 24.</i> Distribución intermedia de CRAFT.....	104
<i>Figura 25.</i> Distribución final de CRAFT.....	105
<i>Figura 26.</i> Distribucion de planta propuesta para la familia planta y sandalia.	106
<i>Figura 27.</i> Distribucion de planta propuesta para la familia zapatilla.	106
<i>Figura 28.</i> Distribución de CRAFT para la propuesta por el autor.	107
<i>Figura 29.</i> Esquema del proceso productivo de la familia planta en el software arena.	109
<i>Figura 30.</i> Resumen general o category overview del proceso para la familia planta.	110
<i>Figura 31.</i> Entities del proceso.....	111
<i>Figura 32.</i> Entities del proceso detallada.	112
<i>Figura 33.</i> Resumen general o category overview del proceso para la familia sandalia.	113
<i>Figura 34.</i> Resumen general o category overview del proceso para la familia zapatilla.	113
<i>Figura 35.</i> Resumen general o category overview del proceso para la familia planta con la distribución según CRAFT.	114
<i>Figura 36.</i> Resumen general o category overview del proceso para la familia planta con la distribución según el autor.....	115
<i>Figura 37.</i> Resumen general o category overview del proceso para la familia sandalia con la distribución según CRAFT.	115
<i>Figura 38.</i> Resumen general o category overview del proceso para la familia sandalia con la distribución según el autor.....	116
<i>Figura 39.</i> Resumen general o category overview del proceso para la familia zapatilla con la distribución según CRAFT.	116

Figura 40. Resumen general o category overview del proceso para la familia planta con la distribución según el autor..... 116

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Líneas de productos de la empresa Beatriz de Vargas.</i>	18
Tabla 2. <i>Principales proveedores.</i>	22
Tabla 3. <i>Principales clientes.</i>	24
Tabla 4. <i>Comparación del proceso de diseño de ingeniería, el proceso de planeación de la instalación y el proceso de planeación exitosa de la instalación.</i>	47
Tabla 5. <i>Sistema de valoración Westinghouse.</i>	53
Tabla 6. <i>Sistema de Suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos básicos.</i>	54
Tabla 7. <i>Relación de volúmenes Producto.</i>	62
Tabla 8. <i>Ejemplo diagrama Origen – Destino.</i>	63
Tabla 9. <i>Diagrama Origen – Destino (suma).</i>	63
Tabla 10. <i>Diagrama de relación de actividades.</i>	65
Tabla 11. <i>Matriz de relación de actividades.</i>	66
Tabla 12. <i>Maquinaria empleada para el proceso de producción de calzado en la empresa Beatriz de Vargas.</i>	83
Tabla 13. <i>Diagrama de procesos y promedio de tiempos de la familia planta.</i>	86
Tabla 14. <i>Diagrama de procesos y promedio de tiempos de la familia sandalia.</i>	87
Tabla 15. <i>Diagrama de procesos y promedio de tiempos de la familia zapatilla.</i>	88
Tabla 16. <i>Distancia y tiempo de desplazamientos para las familias planta y sandalia.</i>	91
Tabla 17. <i>Distancia y tiempo de desplazamientos para la familia zapatilla.</i>	92
Tabla 18. <i>Determinación del desempeño por medio de tabla Westinghouse para el cortador.</i> ...	93

Tabla 19. <i>Determinación del desempeño para los procesos por medio de Westinghouse para la familia planta.</i>	94
Tabla 20. <i>Determinación del desempeño para los procesos por medio de Westinghouse para la familia sandalia.</i>	95
Tabla 21. <i>Determinación del desempeño para los procesos por medio de Westinghouse para la familia zapatilla.</i>	96
Tabla 22. <i>Relación de procesos y porcentaje de participación de las diferentes familias.</i>	98
Tabla 23. <i>Diagrama origen-destino.</i>	98
Tabla 24. <i>Datos de procesos y tabla desde-hacia.</i>	103
Tabla 25. <i>Tiempos y desplazamientos para los diferentes modelos de distribución.</i>	114

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA EMPRESA DE CALZADO BEATRIZ DE VARGAS.

AUTOR(ES): Anderson Alexander Becerra Rivera

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Industrial

DIRECTOR(A): P.h.D. Maryory Patricia Villamizar León

RESUMEN

La incursión de la empresa calzado Beatriz de Vargas en el mercado internacional ha incrementado su producción sin descuidar el mercado nacional pero haciendo uso de horas extras, lo que le genera mayores gastos e interfiere en manejar precios competitivos. En el siguiente trabajo se propuso una redistribución de planta que disminuyó los tiempos de desplazamiento en un 26,07% y aumentar su capacidad de producción anual en 597 unidades, es decir 298 pares de zapatos sin incurrir en gastos de maquinaria o empleados. De igual forma se empleó el software arena, que permitió calcular la capacidad de producción de la empresa. La nueva redistribución permite una mejor movilidad, ubicación de la materia prima en menor tiempo y ubicación del producto terminado más cerca y cómodo para el traslado a la bodega, al igual que área disponible para ubicar nuevos puestos de trabajo.

PALABRAS CLAVES:

Redistribución, competitividad, tiempos de desplazamiento, capacidad.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

TITLE: PROPOSAL OF FLOOR REDISTRIBUTION FOR BEATRIZ DE VARGAS SHOES COMPANY

AUTHOR(S): Anderson Alexander Becerra Rivera

FACULTY: Facultad de Ingeniería Industrial

DIRECTOR: P.h.D. Maryory Patricia Villamizar León

ABSTRACT

The incursion of the Beatriz Vargas footwear company in the international market has increased its production without neglecting the national market but making use of overtime, which generates higher costs and interferes in managing competitive prices. In this paper a redistribution of plant decreased travel times in 26.07% and increase its annual production capacity of 597 units, ie 298 pairs of shoes without incurring Machinery employees was proposed. Likewise, the software arena, allowing calculate the production capacity of the company was used. The new redistribution allows better mobility, location of the raw material in less time and location of the finished product closer and convenient for transportation to the winery, as available area to locate new jobs.

KEYWORDS:

Redistribution, competitiveness, travel times, capacity.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

El sector calzado tiene puestas sus esperanzas para crecer a un gran ritmo, impulsado por el alto consumo de los hogares que se mantendrá y por la tasa de cambio en niveles superiores a los 2.000 pesos. Lo más importante que se ve ahora es un mercado desarrollándose de nuevo, el cual desde hace más de dos años registraba un precio promedio que iba cayendo, algo muy bueno para el consumidor pero no tanto para la industria. Por lo que el sector del calzado se encuentra en un buen momento (Sierra, 2014).

La empresa calzado Beatriz de Vargas ubicada en la carrera 25 # 17 – 55 del barrio San Francisco, Bucaramanga es una empresa de carácter familiar fundada por la señora Ana Beatriz Salazar que con emprendimiento y por iniciativa propia decidió iniciar la producción de calzado y marroquinería para dama, logrando ser reconocida a nivel regional por su calidad y por sus diseños de vanguardia.

Hoy día, tras más de veinte años en el mercado y más de catorce países conquistados con sus diseños la marca se ha posicionado como una de las mejores del mercado a nivel nacional e internacional, incrementando su capacidad de producción. Por tal motivo se propone el siguiente proyecto basado en la formulación de una propuesta de redistribución de planta que le permita a la empresa aumentar su capacidad de producción sin incurrir en gastos.

1. Generalidades de la empresa

1.1.Nombre de la empresa

Beatriz de Vargas.



Figura 1. Logo empresa Beatriz de Vargas.

Fuente: gerencia empresa Beatriz de Vargas.


1.2.Actividad comercial



Fabricación y comercialización de calzado y marroquinería y exportación e importación de calzado y marroquinería.

Calzado Beatriz de Vargas elabora principalmente calzado para dama, existen más de 200 referencias de zapatos entre zapatillas, planta, sandalias, mocasines y valetas.

Tabla 1.

Líneas de productos de la empresa Beatriz de Vargas.

Líneas de productos	Referencia	Ejemplo	Descripción
Valetas	32900		Cuero coral, cuero dorado, cuero en pelo, cuero en charol y forro badana.
Planta	32606		Cuero beige, cuero coralina, cuero dorado y forro badana.
zapatillas	32514		Cuero grabado, cuero oro rosado, cuero bronce, cuero natural y forro badana.
Sandalias	32255		Cuero grabado, cuero marrón y cuero natural.

Mocasines	32248		Cuero marrón, cuero beige y forro badana.
Bolsos	32705		Cuero grabado, cuero oro, cuero bronce y forro textil.
Correas	32609		Cuero grabado cuero coralina y cuero dorado.

Fuente: autor.

Las familias de calzado a trabajar son: sandalias, planta y zapatillas, es decir, la parte de marroquinería no será abarcada en este proyecto, además de los mocasines y valetas que son fabricados en otra empresa.

1.3.Empleados

Calzado Beatriz de Vargas cuenta actualmente con una nómina de 23 empleados directos y 5 empleados indirectos con contrato por prestación de servicios.

1.4.Dirección y teléfono

La empresa se encuentra ubicada en la carrera 25 # 17 – 55 del barrio San Francisco, Bucaramanga, Santander, Colombia. La empresa cuenta con una vitrina comercial en la misma dirección.

1.5.Reseña histórica

Calzado Beatriz de Vargas es una empresa de carácter familiar fundada por la señora Ana Beatriz Salazar que con emprendimiento y por iniciativa propia decidió iniciar la producción de calzado y marroquinería para dama. La empresa inicia con una línea de calzado llamada Valeta; durante el transcurso de los años y viendo la necesidad de tecnificación de los procesos, la empresa recibe asesoría de Proexport en temas como costos, finanzas, imagen corporativa, manejo de personal y el uso de herramientas tecnológicas. En el año 1995 la empresa se legaliza y desde ese año ha sido reconocida a nivel regional por su calidad y por sus diseños de vanguardia (Vargas, 2008).

1.6.Razón social

La razón social de la empresa es calzado Beatriz de Vargas con NIT. 63.285.942-5 y registrada ante la Cámara de Comercio como empresa de tipo persona natural. Actualmente se encuentra afiliada a la Asociación de Industriales del Calzado y Similares (ASOINDUCALS) y a la Asociación Colombiana de Industriales del Cuero, el Calzado y sus manufacturas (ACICAM).

1.7.Misión

Desarrollar, producir y comercializar productos de vanguardia de óptima calidad, creando un alto valor para clientes, proveedores y accionistas.

1.8. Visión

Ser para el 2017, una empresa líder en el sector calzado y marroquinería con reconocimiento a nivel nacional y proyección internacional por medio de procesos tecnificados, mejoramiento continuo y producción ambientalmente sostenible.

1.9. Política de calidad

Comercializar de manera eficiente, productos de calzado y marroquinería con diseños innovadores, materiales de calidad y mano de obra calificada, a través de una mejora continua de los procesos, asegurando el crecimiento y la continuidad de la empresa.

1.10. Áreas funcionales de la empresa

- Área Comercial: coordina la fuerza de ventas a través de vendedoras en vitrina, así como por medio de internet. Se encarga además de diseñar estrategias para promocionar y distribuir los productos a diferentes lugares del país.

El gerente apoya constantemente el proceso de ventas, participando en ferias comerciales como: IFLS (International Footwear and Leather Show) que se realiza en la ciudad de Bogotá del 15 al 18 de Febrero y del 15 al 18 de Agosto, al igual que la feria EXPOASOINDUCALS, que se realiza del 2 al 4 de Febrero y del 14 al 16 de Julio en Cenfer, Bucaramanga.

- Área de Producción: incluye las actividades más importantes dentro de la empresa, es el área funcional que incluye los procesos desde corte hasta emplantillado.
- Área Administrativa: compuesta por el gerente, una auxiliar administrativa y la señora Beatriz de Vargas. Esta área se encarga de programar las actividades a realizar por periodos, establece política de ventas y presupuestos.

1.11.Proveedores y clientes

Los principales proveedores y clientes de calzado BISÓN se nombran en las tablas 2 y 3, respectivamente.

Tabla 2.

Principales proveedores.

Nombre	Ciudad
ACICAM	Bogotá
COLOMBIA HERRAJE S.A.S. HERRAJES S.G	Bucaramanga
MIL HERRAJES S.A	Bucaramanga
MIL HERRAJES S.A	Bucaramanga
GLADYS RUEDA BAUTISTA "PELETERIA EL SURTIDOR"	Bucaramanga
COLOMBIA HERRAJE S.A.S. HERRAJES S.G	Bucaramanga
MIL HERRAJES S.A	Bucaramanga
MIL HERRAJES S.A	Bucaramanga
JOHANNA MILENA FIALLO CARRILLO "YARCE PINTUPIELES"	Bucaramanga
ALMACEN JOSGAL	Bucaramanga
MIL HERRAJES S.A	Bucaramanga
URIBE Y ASOCIADOS S.A.S	Bucaramanga

GLADYS RUEDA BAUTISTA "PELETERIA EL SURTIDOR"	Bucaramanga
EUROSUELAS & MÁS S.A.S	Bucaramanga
JF CUEROS S.A	Medellín
HORMA PLAST S.A.S	Bucaramanga
ANDES GROUP S.A.S	Bucaramanga
PELETERIA DEL ORIENTE S.A	Bucaramanga
IVAN RODRIGO GARCES CARVAJAL "LA FACTORIA"	Bucaramanga
INCAP	Bogotá
JACQUELINE BONILLA BARONA "BONILLA BARONA E.U."	Cúcuta
ANDES GROUP S.A.S	Bucaramanga
ALMACEN JOSGAL	Bucaramanga
JF CUEROS S.A	Medellín
JF CUEROS S.A	Medellín
JF CUEROS S.A	Medellín
DAVID ENRIQUE RINCÓN VARGAS "DARINSA SHOES"	Pereira
DIMATEX LEON S.A.S.	Cali

Fuente: Calzado Beatriz de Vargas.

Los principales proveedores como se observa en la tabla 2 son de la ciudad de Bucaramanga, aunque también se encuentran proveedores de Bogotá, Cúcuta, Cali, Medellín y Pereira. La ubicación central de la empresa permite economizar y tener a la mano materia prima en caso de ser necesario.

Tabla 3.

Principales clientes.

Nombre	Ciudad
PATRICIA JARAMILLO	Bucaramanga
CESAR MORENO	Bucaramanga
DARIO HERNANDEZ ANDES SHOP	Cúcuta
MARITZA PLAZAS	Garzón
SANDRA MILENA JURADO	Manizales
F Y C CALZADO	Medellín
ASTRID TELLO "CALZADO REAL"	Acacías
ANA MARIA QUINTERO "MULATA"	Popayán
MARY LUZ BOLAÑOS	La Unión
CARLOS HERNANDEZ	Barranquilla
LILIANA RAMÍREZ "CALZADO CHIC PIE"	Medellín
MOTY	Bogotá
MARIA GLORIA RODRIGUEZ	Espinal
MARITZA PLAZAS	Garzón

MARLENE HERNANDEZ "CALZADO ANCLA"	Duitama
YESENIA .	Bucaramanga
MARITZA PLAZAS	Garzón
MAURICIO RUIZ	Don Matías
JORGE PEÑA "CALZADO BOTELO"	Cartagena
SANDRA MILENA JURADO	Manizales
YOLANDA GOMEZ "MASCARADA"	Bucaramanga
JORGE PEÑA "CALZADO BOTELO"	Cartagena
CALZADO BAMBU - LEONOR HERNANDEZ	Bucaramanga
MARIA FERNANDA POLANIA - COLORS BOUTIQUE	Neiva
CAROLINA BARRERA	Bogotá
ROSAURA HERRERA	Bucaramanga
MARLENE HERNANDEZ "CALZADO ANCLA"	Duitama

Fuente: Calzado Beatriz de Vargas.

La empresa cuenta con una variedad de clientes a nivel regional y nacional como se muestra en la tabla 3. En la base de datos se registraron aproximadamente 200 clientes y debido al interés de expansión se hace necesario optimizar espacios y considerar una redistribución de planta.

2. Definición del problema

En la actualidad, ha surgido una importante necesidad tendiente hacia el crecimiento y la evolución de las empresas, por lo que los clientes hoy en día exigen a las empresas productos y servicios que gocen de altos niveles de calidad. Son por consiguiente las empresas que se posicionan en el mercado las que cuentan con excelentes productos y tienen un compromiso por la calidad y el medio ambiente(Cardozo, 2006).

Las empresas de calzado enfrentan hoy en día una competencia muy fuerte de parte de grandes empresas nacionales y multinacionales como el mercado asiático, los cuales tienen gran participación en el mercado. La participación actual de China en el mercado internacional es de aproximadamente el 50% y la calidad de sus productos comienza a ser reconocida. Debido a la creciente demanda nacional las empresas de calzado se ven obligadas a aumentar su nivel de producción sin necesidad de generar jornadas extras de trabajo o de invertir en maquinaria (Suarez & Mantilla, 2012).

En todo país desarrollado o en vía de desarrollo, la principal fuente de crecimiento económico es el incremento de la productividad, es así, que en países en vía de desarrollo, es imperiosa la necesidad de estimular este crecimiento, siendo la pequeña y mediana empresa las que se presentan como vía para la industrialización. Dentro de este sector de pequeñas y medianas empresas, que representan un grupo grande dentro de la región de Santander, hay algunas que en este momento

tienen grandes posibilidades de crecimiento por generar valor agregado, calidad en los productos y mano de obra intensiva.

Calzado Beatriz de Vargas es una empresa netamente empírica que ha venido trabajando por más de 10 años en el sector del calzado y la marroquinería; ha tenido un éxito relativo en el mercado debido a la buena gestión que ha hecho su gerente y a la confianza que los clientes y proveedores han depositado en la empresa; pero a pesar de su rentabilidad se hace necesario el análisis de propuestas de distribución de planta que permitan aumentar su capacidad y cumplir con el mercado nacional e internacional. De igual forma otro factor que se observa es el deficiente seguimiento que se le da a los operarios y a los materiales dentro de la empresa.

Teniendo en cuenta lo anterior, surge la necesidad de ampliar la capacidad productiva de la empresa, lo cual motiva a la implementación de una propuesta de distribución de planta que permita responder a las necesidades del mercado aprovechando efectivamente los espacios con los que se cuentan para mejorar los tiempos de desplazamientos y el rendimiento de los operarios.

3. Antecedentes

El sector del calzado, al igual que la totalidad de los sectores manufactureros, están pasando por transformaciones derivadas del proceso de globalización; estos cambios se hacen visibles tanto en la evolución de la producción como del comercio a nivel mundial, actualmente en el mundo se producen alrededor de 24 000 millones de pares de zapatos, con un promedio de dos pares por persona.

El incremento de la producción de calzado se inició en los años 70's con el desarrollo de la industria manufacturera asiática, además de la apertura de los mercados de los países occidentales a las producciones de otros países se ha traducido en un elevado crecimiento internacional, donde subrayan fundamentalmente las producciones procedentes de los nuevos países productores, con importantes ventajas en costes derivadas de una mano de obra barata (Delgado & Torres, 2012).

Con la llegada de la revolución industrial, se transformó el pensamiento referente que se tenía hacia ésta, buscando entonces un objetivo económico al estudiar las transformaciones de sus fábricas. La ordenación de las áreas de trabajo se ha desarrollado desde hace muchos años. Las primeras distribuciones las desarrollaba el hombre que llevaba a cabo el trabajo.

La distribución de planta es definida por Muther (1981) como la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, así como el equipo de trabajo y el personal de taller.

Un ejemplo de lo anterior es el proyecto de análisis de capacidad y propuesta de distribución para la planta 2 de industrias PARTMO S.A (Laguado & Rubio, 2009), en el cual se determinó la

capacidad de producción y con la ayuda del software PROMODEL se llevó a cabo la simulación de la redistribución de la empresa.

En el 2011 (Aguirre) se realizó una Propuesta de distribución de la planta para la fábrica de calzado Rosana donde se pretendía abordar las diferentes teorías que existen acerca de la distribución de la planta, así como las características que contiene cada tipo de distribución, mismas que sirven para tomar una decisión correcta de cómo distribuir los recursos con los que cuentan las empresas

En el año 2011 (Beltran, Manjares, Redondo, & Ortiz) se ejecutó un proyecto de núcleo integrador basado en la productividad con la implementación de la simulación de procesos productivos del edificio k ubicado en la Universidad Pontificia Bolivariana, por medio del software arena. En dicho estudio se pudo establecer que la aplicabilidad de este software como una herramienta para la gestión del conocimiento en planeación, producción y construcción de modelo esquelético de una estructura de concreto.

Otro proyecto que tuvo como objetivo presentar una propuesta orientada al mejoramiento de los procesos de distribución fue el realizado para la reestructuración del layout de la zona de picking de una bodega industrial, por los ingenieros Martin Darío Arango, Julián Zapata y Jorge Isaac Pemberthy de la Universidad Nacional de Colombia (Arango, Zapata, & Pemberthy, 2012).

La implementación de una metodología para el control de flujo de materiales, redistribución de planta y adecuación de un área de almacenamiento temporal, para incrementar la productividad en la función producción de la empresa calzado INCA (Rangel, 2012) fue un proyecto muy completo de distribución de planta realizado por la Universidad Pontificia Bolivariana y que servirá de guía para el presente trabajo así como el proyecto elaboración de un modelo de simulación de la ruta

T3 del sistema de transporte integrado masivo del metrolínea en la ciudad de Bucaramanga utilizando el paquete computarizado arena realizado por Diego Jacome (2013).

4. Justificación

La producción de calzado en Bucaramanga y su área metropolitana es una actividad de importancia para la economía local con efectos considerables en variables económicas y sociales como el crecimiento económico, el empleo y la calidad de vida de muchas personas en la región. Aunque este subsector se ha visto afectado en los últimos años por diferentes situaciones como la creciente expansión comercial, la pérdida de mercados tradicionales y la disminución del consumo global como consecuencia de la crisis económica, la empresa de calzado Beatriz de Vargas cuenta con fieles clientes que aprecian la calidad y el confort que ofrecen sus productos y además ha tenido un buen direccionamiento en la incursión del mercado internacional.

La asociación colombiana de industriales de calzado, cuero y sus manufacturas (ACICAM) tiene un plan que consiste en fortalecer los mecanismos de control para disminuir el contrabando y la competencia desleal que es una de las dificultades que se presentan en esta actividad, así como otras medidas que tienen que ver con la revisión de precios, desarrollo de alianzas y menos endeudamiento, esto con el fin de implementar medidas para enfrentar el impacto de la desaceleración económica.

Las empresas día a día se preocupan por seguir subsistiendo en este ámbito tan competitivo que se presenta en el sector del calzado es por ellos que las empresas evalúan e implantan propuestas, principios, métodos, elementos y técnicas que les de la ventaja competitiva en el mercado. La distribución de equipos y áreas de trabajo son problemas ineludibles para todas las plantas de la industria por lo tanto no es posible evitarlos, además la distribución de planta sirve como base para

implementar nuevos procedimientos y técnicas de los procesos productivos logrando el mejoramiento continuo de la empresa.

Se estima que del 20 al 50% de los gastos totales de operación en los cuales e 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 lo menos del 10 al 30% (Muther, 1981).

Con el propósito de incursionar en nuevos mercados y cumplir con la creciente demanda, la empresa calzado Beatriz de Vargas ha visto la necesidad de conocer en primer lugar la capacidad de producción y en segundo lugar aumentar su capacidad aprovechando el espacio existente.

Finalmente, una buena distribución de planta es importante porque evita fracasos productivos y financieros, contribuyendo a un mejoramiento continuo en los procesos de las empresas y debe tomarse como una oportunidad para replantear la distribución física y la tecnología utilizada para la fabricación de calzado.

El programa de ingeniería industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga a través de sus distintas áreas proporciona conocimientos y herramientas a sus estudiantes, que les permite ser proactivos en el ámbito organizacional y por tanto aportar ideas estructuradas para la racionalización y mejor utilización de los recursos y procesos, razón por la cual al finalizar el proyecto se espera que calzado Beatriz de Vargas cuente con una propuesta de distribución de planta que posteriormente sea aplicada.

5. Objetivos

5.11.Objetivo general

Proponer un diseño de distribución en planta que permita un mejor desempeño productivo en la empresa de calzado Beatriz de Vargas.

5.12.Objetivos específicos

- Analizar el proceso productivo mediante la recopilación de información referente a las actividades y los recorridos de las mismas empleando diagramas de procesos.
- Determinar la capacidad de producción actual en las diferentes líneas de productos por medio de un estudio de tiempos.
- Determinar diferentes alternativas de distribución de planta para la empresa de calzado Beatriz de Vargas por medio de métodos cuantitativos.
- Realizar la simulación de las diferentes alternativas de la distribución de planta propuestas mediante el software Arena.
- Seleccionar la mejor alternativa de distribución en planta, con base en los resultados de la simulación de eventos discretos, para la empresa calzado Beatriz de Vargas.

6. Marco teórico

6.1.El sistema de manufactura

Un sistema de producción utiliza recursos operacionales para transformar insumos en algún tipo de resultado deseado. Un insumo puede ser una materia prima, un cliente o un producto terminado proveniente de otro sistema.

Los sistemas de producción varían según la disposición de los equipos y personas y la secuencia de actividades, pero en general, todo sistema de producción necesita de 5 recursos operacionales: personas, plantas, partes, procesos y sistemas de planeación y control (Chase, Aquilano, & Jacobs, 2000).

6.2.Clasificación de los sistemas de producción

La clasificación de los sistemas productivos está definida por el patrón general del flujo de trabajo. El número de productos diferentes que fabrica una compañía, los tipos de pedidos, el volumen de ventas y la frecuencia de pedidos influye en la determinación del sistema de producción más eficiente para una compañía. Las cuatro categorías principales de los sistemas de producción son la producción de taller, la producción por lotes, la producción en masa y continua y la manufactura celular y flexible (Dileep, 2001) .

- Producción de taller

En este tipo de configuración (también llamada por proceso), los equipos o funciones similares se agrupan para formar un departamento; por ejemplo, todas las fresadoras juntas, todos los tornos juntos, todas las prensas troqueladoras juntas, etc.

Es conveniente para una compañía que fabrica muchos productos diferentes, con un volumen relativamente reducido de cada uno.

- Producción por lotes

Este sistema se sitúa entre la producción por taller y la línea de montaje. El sistema es conveniente para una empresa que tiene que producir numerosos artículos pero no en una variedad tan grande que requiera de la conformación de talleres. Se conocen los artículos a producir y su demanda a través del año. Como la capacidad de producción es más grande que la demanda, los artículos se fabrican y almacenan para cumplir con la demanda actual y futura.

- Producción en masa

Este sistema que se utiliza para la producción de alto volumen y de pocas referencias. El equipo es muy especializado, rápido y por lo general costoso. Hay dos formas de clasificar los sistemas de producción en masa: la línea de montaje y la línea de flujo.

La línea de montaje se emplea para fabricar un producto pieza a pieza de modo que estas van avanzando por las estaciones de trabajo mediante un sistema de transporte (como las bandas transportadoras) hacia su ensamble final.

Las líneas de flujo se usan para describir procesos continuos, como el de los productos químicos, líquidos y gaseosos. Los sistemas de transporte son muy eficientes y el producto final se va produciendo a medida que se desplaza.

- Tecnología de grupo o distribución celular

Agrupar máquinas disímiles en centros de trabajo (o células) para trabajar en productos que tengan formas y requisitos de procesamiento similares. Es similar a la distribución por proceso en que las células están diseñadas para ejecutar una serie específica de procesos, y es similar a la distribución por producto en que las células están dedicadas a una gama limitada de productos.

6.3.El manejo de material

Uno de los aspectos más importantes en el diseño de una fábrica nueva o en la modificación de una ya existente es el análisis a fondo del sistema de manejo de material, el cual puede representar entre el 30 y el 75% del costo total de producción.

Como se maneje el material puede determinar algunos requerimientos del local, la distribución de departamentos y el tiempo necesario para producir una unidad. Cuando un empleado maneja un elemento no agrega nada al valor del producto, pero sí a su costo.

Planear el manejo, almacenamiento y transportación asociados con la manufactura puede reducir considerablemente el costo de material. La tendencia es hacia la implementación de sistemas automáticos de manejo de materiales.

Definiciones de manejo de material hay muchas, sin embargo se cita a continuación la siguiente proporcionada por el *Material Handling Institute* (MHI, Instituto de Manejo de material) que dice: “El manejo de material comprende todas las operaciones básicas relacionadas con el movimiento de los productos a granel, empacados y unitarios en estado semisólido o sólido, por medio de maquinaria y dentro de los límites de un lugar establecido” (Dileep, 2001). William Grant Ireson (1996) proporciona otra interesante definición de manejo de materiales: “Manejo de materiales significa propiamente todo movimiento de materiales, tanto si es vertical como horizontal, o una combinación de ambos, lo mismo que si se efectúa a mano que por medios mecánicos”. El

movimiento de insumos tales como tapas, o cajas de envase vacío a las líneas de producción, al igual, que el movimiento de los envases entre operaciones, a través de las bandas transportadoras, y luego el movimiento de las cajas de envases con producto terminado hasta las bodegas, son ejemplos corrientes de manejo de materiales.

Existen dos tipos de manejo de materiales, los cuales se han tratado de diferenciar o distinguir basándose en la finalidad de los movimientos

- Transporte

Mr. Preben Jessen (Apple, 1963) ingeniero consultor de manejo de materiales, ha definido el transporte como el movimiento de materiales en cargas unitarias o recipientes, a distancias mayores de cinco pies (metro y medio).

El objeto del transporte es el de trasladar los materiales de una máquina o almacenamiento a otra máquina o almacenamiento, ya sea en cargas unitarias, en piezas sueltas o en recipientes, sin distinción de la distancia recorrida.

- Traslado

Mr. Jessen define el traslado como el movimiento de materiales en piezas individuales a distancias de menos de cinco pies. Esta palabra se emplea para designar el tipo de manejo que incluye coger una pieza, colocarla en una máquina o banco de trabajo y luego llevarla a otro recipiente, cualquiera que sea la distancia recorrida.

Los fabricantes de equipos y las empresas han trabajado intensamente en la reducción del costo de la función del transporte, mediante el perfeccionamiento del equipo mecánico, la distribución de

planta y la maniobra de los sistemas de manejo de materiales; en cambio, se han perfeccionado mucho menos los medios para realizar la función del traslado.

6.3.1. Materiales a granel

Todo material suelto, sin estar contenido en sacos, cajas, barriles, botellas, botes, bidones o medios parecidos. Así pues, la arena, grava, aceites, piedras, carbón, agua, cemento, etc, se consideran como materiales a granel, siempre que sean transportados en carrotanque, tubería, transportadores de cinta, elevadores de cangilones, tornillos sin fin, etc.

6.3.2. Materiales envasados

Son los contenidos en envases de forma y capacidad adecuada, tales como sacos, cajas de madera y de cartón, canastas, barriles, botellas o cualquier otro tipo de recipiente que pueda ser transportado como pieza individual por los sistemas de manejo de materiales. De esta forma las cajas con envase de producto terminado, los contenedores, sacos de harina, etc, son considerados como material envasado.

6.3.3. Carga unitaria

En el manejo de materiales existe un concepto muy importante y es el de carga unitaria. Este concepto parte del hecho de que es más económico mover elementos y material en grupo que pieza a pieza. Una carga unitaria se define como el “número de objetos dispuestos de forma que puedan ser manejados como un solo objeto” (Dileep, 2001). Esto se puede hacer mediante el uso de cajas, estibas o contenedores. Otra definición es: “aquella usada corrientemente como unidad de movimiento entre operaciones” (Grant, 1996). Esto quiere decir que carga unitaria puede ser desde un producto suelto hasta un conjunto de productos empacados. El tipo de carga unitaria dependerá de la situación específica y el producto a manejar.

6.4.Distribución de planta

Gran parte de la vida de una persona transcurre en medio ambientes y espacios físicos creados por la mano del hombre, y que van de las situaciones locales (entornos más reducidos): los Lugares de trabajos, la cocina, medios de transporte, etc.; pasando por tipos de situaciones intermedias: edificios para oficinas, las casas, los teatros, locales comerciales; y llegan hasta los entornos generales: las urbanizaciones.

La experiencia señala los efectos que pueden ejercer sobre las personas (incluyendo su trabajo, su entorno, su bienestar físico) tales diseños y entornos. Desde los principios de la manufactura organizada se ha dedicado bastante esfuerzo para lograr que la instalación productiva sea lo más eficiente posible. La ubicación y el arreglo de los departamentos y los centros de trabajo contribuyen, en gran medida, a la forma en que trabaja una instalación.

La solución correcta de los problemas de distribución de planta es importante varias razones una de ellas es que los costos de manejo de materiales equivalen a una gran parte del costo total del producto; todo ahorro en manejo de materiales que se obtenga mediante un mejor arreglo de los departamentos y puestos de trabajo es una contribución directa al mejoramiento de la eficiencia general de operación.

6.4.1. Diseño de disposiciones de trabajo

Al preparar las disposiciones de trabajo, debería hacerse hincapié en la necesidad de aislar toda actividad que sea peligrosa o que pueda resultar perjudicial. Siempre que sea posible los locales de trabajo deben construirse sobre el nivel del suelo y estar dotado de ventanas; los techos también deben respetar una cierta altura.

Para prevenir accidentes, es importante que cada trabajador disponga de un mínimo suficiente de superficie libre. Las paredes y los techos deben tener un acabado que evite la acumulación de suciedad y la absorción de la humedad y, de ser necesario, que reduzca la transmisión del ruido; el pavimento no debe ser resbaladizo, no debe soltar polvo y debe limpiarse con facilidad; en caso necesario, debe poseer buenas características de aislamiento electrónico y térmico. Por último, se debe aplicar los principios de orden y limpieza en los lugares de trabajo.

6.4.2. Esquema de distribución

La disposición de un área de trabajo determina la forma en que la maquinaria, el equipo y el material estarán situados en dicha área. La disposición se suele determinar al comienzo de las operaciones, es decir, cuando una fábrica o una oficina empiezan a funcionar. Sin embargo, Incluso si la disposición inicial se hubiera estudiado adecuadamente, a menudo se requiere un nuevo examen de la utilización del espacio debido, entre otros, a los factores siguientes:

- La incorporación de nuevos productos o cambios en el diseño del producto. Ambos tipos de medidas pueden requerir un orden diferente de las operaciones.
- Introducción de un nuevo equipo o maquinaria o de una forma o tamaño distinto de los materiales.
- La adquisición de equipos de manipulación de los materiales que tienen distintas necesidades de espacios con relación al equipo original.
- La realización de modificaciones del edificio para aumentar el espacio.
- La adopción de medidas provisionales para hacer frente a un repentino aumento de la demanda de cierto tipo de producto, medidas que se convierten en semipermanentes.
- Orientación de la dirección hacia la utilización de tecnologías avanzadas como el empleo de la robótica, la automatización, redes de ordenadores o sistemas de fabricación flexibles.

Cuando ocurren situaciones como las anteriores se dice que el área de trabajo ha quedado anticuada y es necesario replantear una disposición de espacio.

6.4.3. Objetivo de la disposición

El objetivo primordial de la distribución, ya sea de una estación de trabajo o de toda la planta, consiste en avanzar desde los materiales sin trabajar (o materia prima) hasta el producto por despachar (o producto terminado, de una manera sistemática, con un mínimo de retornos, las distancias más cortas para el manejo de pesos y un costo óptimo (Ruddell, 2001).

Dileep (2001) plantea que el objetivo básico de la distribución es lograr un arreglo ordenado y práctico de los departamentos y centros de trabajo para reducir al mínimo el movimiento de materiales y/o del personal, y al mismo tiempo permitir que haya el espacio suficiente de trabajo, y quizá espacio para ampliaciones futuras dentro de un área que se puede predefinir.

6.4.4. Principio de la distribución de las estaciones de trabajo

Una formulación breve del principio de constitución de estaciones de trabajo es la siguiente: el mejor método de distribuir un área o estación de trabajo es aquel que permite fabricar la cantidad y calidad requerida de un producto en el plazo fijado y con el costo total más bajo, por un largo periodo de tiempo (Grant, 1996).

Esto da a entender que tanto la calidad como la cantidad del producto son un factor determinante en la decisión, por cuanto se deben tener proyecciones y pronósticos de venta y crecimiento lo más realista posible.

6.4.5. Decisión sobre el esquema de distribución

Debido a que las empresas son dinámicas y cambian continuamente tanto en procesos como en productos, así mismo, ocurrirá con la planta y el esquema de distribución física.

Por tal razón, el proceso de decisión respecto del diseño del sistema físico y sus efectos sobre el sistema total constituye un proceso dinámico de circuito cerrado que continua durante toda la existencia de la empresa.

Para el planeamiento de una distribución de planta no es necesario, ni prudente desarrollar detallados programas de producción. Las condiciones cambian, y lo máximo que la disposición puede esperar es lograr medios e instalaciones capaces de enfrentar esas variaciones dinámicas.

6.4.6. Decisiones importantes

En algunos casos, las máquinas necesarias para fabricar un determinado producto no se podrán utilizar para otros. Tales máquinas se usarán solo de vez en cuando, durante el tiempo necesario para suministrar la cantidad requerida de productos.

Los problemas de mover gran cantidad de máquinas, disponerlas de manera que el manejo de materiales se efectúe a un costo mínimo evitando los movimientos de retroceso de los mismos deben estudiarse con detenimiento (Grant, 1996).

6.4.7. Datos de insumo para el planeamiento inicial de medios e instalaciones

Los datos de insumo constituyen la definición de una serie de parámetros y especificaciones de los productos a fabricarse y los métodos de fabricación. Para la definición de estos datos se requiere de la aplicación de herramientas que además de ilustrativas sirven para la toma de decisiones sobre el diseño.

Las principales herramientas de decisión son:

1. dibujos de productos.
2. diagramas de montaje (flujo, operaciones).
3. Planillas de operaciones.
4. Diagramas de planeamiento de disposición (distribución de planta).
 - Procedimiento general para la distribución de planta

Para desarrollar una distribución preliminar de planta completa o un área determinada pueden seguirse los siguientes pasos como procedimiento general:

1. Antes de comenzar a hacer la distribución, el diseñador debe discutir con la dirección los objetivos, alcance, fondos disponibles y la programación necesaria para el proyecto.
2. A partir de las previsiones de ventas y de la planificación de la producción es posible determinar la cantidad de maquinaria y equipo que se necesitará en el presente y en el futuro.
3. Se debe determinar el área necesaria para cada centro de trabajo y el espacio que se necesita para cada componente de la maquinaria. El cálculo debe incluir espacio para labores de mantenimiento y el área del operador o cualquier otro espacio adicional requerido.
4. El siguiente paso es calcular el espacio requerido para almacenar materias primas, producto en proceso y producto terminado. Este paso incluye el análisis detallado de las características físicas de los productos.

5. Se hace otro cálculo con respecto a las instalaciones auxiliares, como los cuartos de aseo, las oficinas, las bombas, los servicios de mantenimientos, etc. Todos estos servicios se enumeran con indicación del espacio correspondiente a cada uno de ellos.

6. Se determina y esboza el recorrido (flujo) del trabajo. Si la disposición es a base de componentes fijos o en línea esto resulta más o menos fácil. Para este propósito se utilizan herramientas como los diagramas de flujo, las gráficas de relaciones, tablas de evaluación, etc.

7. Análisis preliminar y diseño de los sistemas de manejo de materiales.

8. Estimación inicial de las medidas y ubicación de los pasillos teniendo en cuenta las características de la maquinaria, los productos y los sistemas de manejo de materiales.

9. Una vez determinada las dimensiones y la posición relativa de la maquinaria, el área de almacenamiento y los servicios auxiliares, es preferible empezar por una representación visual de la disposición proyectada, en vez de pasar de inmediato a la reorganización efectiva del lugar de trabajo. Es necesario verificar si se dejan pasillos suficientemente anchos para que puedan transitar sin dificultad los artefactos de manipulación de materiales y los productos en curso de fabricación.

6.4.8. Formas de líneas de producción

Surge la pregunta de cómo debe proyectarse una línea de montaje o el flujo de producción principal. La respuesta depende principalmente de la estructura física de los departamentos de recepción y despacho de las materias primas y los productos terminados.

Existen diversas formas de esquematizar el flujo a través de una línea productiva; las más comunes son: en línea recta, en L, circular, en U, en S y en serpentina, Figuras 2 a Figura 7.

La forma que se escoja depende directamente de las características físicas del edificio, de las máquinas, de los productos, del volumen y el flujo. Por ejemplo, un edificio angosto con instalaciones de recepción en un extremo y de embarque en otro, un flujo en línea recta sería el adecuado.

Un flujo en U permite que las áreas de recepción y embarque estén en el mismo lado del edificio. Un flujo circular permite que el mismo personal reciba y embarque; y un flujo en serpentina sirve para una línea de montaje de muchas estaciones.

Una planta de varios pisos plantea un problema especial; el material debe fluir vertical y horizontalmente. También aquí se pueden idear muchos patrones de flujo. Los transportadores verticales pueden tener una importante función en el transporte de material de un nivel al siguiente.

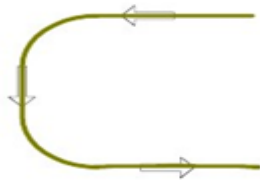


Figura 2. Flujo en U.



Figura 3. Flujo en L.

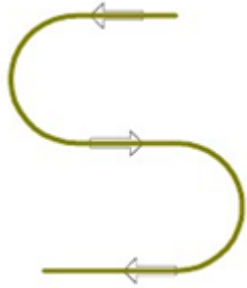


Figura 4. Flujo en S.

Figura 5. Flujo en serpentina.



Figura 6. Flujo en línea recta.

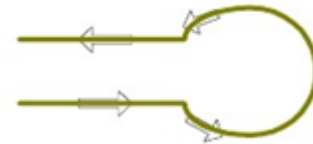
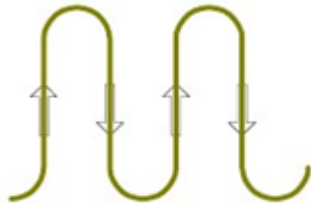


Figura 7. Flujo circular.


6.5. El proceso de planeación de instalaciones

El proceso de planeación de instalaciones se comprende mejor al ubicarlo en el contexto del ciclo de vida de una instalación. Aunque una instalación se planifica una sola vez, a menudo se rediseña para alinearla con sus objetivos siempre cambiantes. Los procesos de planeación y replaneación de instalaciones se relacionan por medio del ciclo de planeación de instalaciones con mejoramiento continuo. En la tabla 4 se compara el proceso tradicional del plan de ingeniería y el proceso de planeación exitosa de instalaciones.

Tabla 4.

Comparación del proceso de diseño de ingeniería, el proceso de planeación de la instalación y el proceso de planeación exitosa de la instalación.

Fase	Proceso de diseño de ingeniería	Proceso de planeación de instalaciones	Proceso de planeación de instalaciones exitosas
Fase 1	Definir el problema.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir o redefinir el objetivo de la instalación. 2. Especificar actividades primarias y de soporte. 	<ol style="list-style-type: none"> 1A. Entender el modelo de organización exitosa. 1B. Entender los problemas externos. 1C. Entender los problemas internos. 2. Establecer los criterios de diseño de la planeación de instalaciones. 3. Obtener el compromiso de la organización.
Fase 2	<p>Analizar el problema.</p> <p>Generar alternativas.</p> <p>Evaluar alternativas.</p> <p>Seleccionar el diseño preferido.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 3. Determinar las interrelaciones. 4. Determinar los requerimientos de espacio. 5. Generar un plan alternativo para la instalación. 6. Evaluar un plan alternativo para la instalación. 7. Seleccionar un plan de instalación. 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Establecer equipos. 5. Valorar la situación actual. 6. Identificar metas específicas. 7. Identificar esquemas alternativos. 8. Definir los planes de mejora. 9. Evaluar el enfoque alternativo. 10. Obtener apoyo para planes de mejora.
Fase 3	Implementar el diseño.	<ol style="list-style-type: none"> 8. Implementar el plan. 9. Mantener y adaptar el plan de la instalación. 	<ol style="list-style-type: none"> 11. Implementar los planes.

- 
10. Redefinir el objetivo de la instalación.
 12. Revisar los resultados.
-

Fuente: Planeación de instalaciones.

6.5.1. Modelos de planificación de la distribución

Muchas distribuciones de planta pueden visualizarse desde dos puntos de vista: la distribución en bloques (que muestra las ubicaciones y los tamaños relativos de los departamentos de planificación) y la distribución detallada (la cual indica la ubicación exacta de todo el equipo, las mesas de trabajo y las áreas de almacenamiento de cada departamento)

Los tipos básicos de distribución se clasifican en:

1. Departamentos de ubicación fija de materiales.
2. Departamentos de líneas de producción.
3. Departamentos por familia de productos
4. Departamentos por procesos.

Distribución por proceso o por funciones.

El formato de centro de trabajo agrupa funciones o equipamientos similares, por ejemplo, todos los tornos en un área y todas las prensas en otra; a continuación, la pieza que se está trabajando avanza en una secuencia preestablecida de operaciones de un área a otra, donde se encuentran las máquinas necesarias para cada operación. Este tipo de distribución es común en los hospitales, donde las áreas están dedicadas a tipos particulares de servicios médicos, como las salas de maternidad y las unidades de cuidados intensivos.

Distribución por producto.

También se conoce como línea de ensamble, consiste en que los procesos están organizados siguiendo paso a paso la manufactura del producto. La ruta de cada parte del producto es, una línea recta. Un ejemplo de este tipo se encuentra en una línea de ensamble de calzado.

Distribución por líneas de producción.

El producto tiene un gran volumen o peso, razón por la cual está fijo en un área determinada; las máquinas, herramientas y el personal deben ir al producto. Las obras de construcción de edificios, puentes o la fabricación de un avión son ejemplo de este tipo.

Distribución de ubicación fija de materiales

Agrupar un conjunto de máquinas diferentes, para trabajar en productos distintos, pero que tienen formas y requieren procesos similares. Ésta distribución de manufactura se parece a un centro de trabajo porque las celdas están diseñadas para desempeñar un conjunto específico de procesos y se parece a una línea de ensamble por que las celdas se dedican a una gama limitada de productos.

6.6.Determinación del tamaño de la muestra

A continuación se describen los componentes más comunes, en las diferentes fórmulas para calcular el tamaño de la muestra, dependiendo del método que se aplique.

- a) **Grado de confianza:** es fijado por el investigador de acuerdo a la experiencia y conocimiento que tenga de la población que va a investigar. Sin embargo, por lo general, se trabaja con el 95% o el 95,5% correspondiendo un valor de Z: 1.96 y Z: 2.00, respectivamente. El valor de Z se obtiene dividiendo el porcentaje dado como confianza

por dos. Luego, se utiliza la tabla de una distribución normal. Se muestran otros valores de Z para otros casos:

P: 68.26%	Z: 1.00	P: 90%	Z: 1.64	P:99.7%	Z: 3.00
P: 86.64%	Z: 1.50	P:99%	Z: 1.2.57	P:99.5%	Z: 2.00

Es importante resaltar que a medida que se aumenta el nivel de confianza, el tamaño de la muestra también aumenta.

b) Grado de variabilidad: está dado por la varianza. Entre más variabilidad presente la característica principal que tiene que ver con el objetivo de la investigación, mayor será el tamaño de la muestra, necesaria para que represente a la población.

Se pueden estudiar características cualitativas y cuantitativas, la primera se ha denominado variable y la varianza se calcula mediante la fórmula:

$$\sigma = S^2 = \frac{\sum X^2 - N\mu^2}{N - 1}$$

Ecuación 1. Determinación de la varianza.

En caso de que la característica sea cualitativa o atributo, se tendrá que la varianza se calcula mediante la fórmula:

$$\sigma_p^2 = S_p^2 = PQ$$

Ecuación 2. Determinación del atributo.

Donde P es la proporción de elementos que presentan la característica investigada en la población,

siendo
$$P = \frac{\sum A_1}{N_1}.$$

En la mayoría de los casos, la varianza poblacional se desconoce, por lo tanto, se debe estimar ya sea:

- Consultando censos que contengan esta característica
- Consultando encuestas similares
- Utilizando el procedimiento más común, es decir, estimando la varianza a través de la realización de una encuesta preliminar o piloto.

Los tres procedimientos son válidos tanto en variables como en atributos.

En este último es muy común una cuarta recomendación:

Considerar el valor de $P = 0.50$, con el cual se obtiene el máximo valor posible de n. quiere decir que si el valor de P aumenta o disminuye de 0.50 el tamaño de la muestra disminuirá.

- c) **Error de muestreo:** simbolizado por e o E, al igual que el nivel de confianza es determinado por el investigador teniendo en cuenta en consideración que a mayor error menor será el tamaño y al contrario, menor error mayor será el tamaño de la muestra. El error siempre se expresara en términos de porcentaje.
- d) **Tamaño poblacional:** en muchos casos, la población puede ser conocida y se le considera como una población finita, en caso contrario, la población será definida como infinita.

Muestreo aleatorio simple (M.A.S)

Para el cálculo del tamaño de la muestra en el M.A.S., se debe tener en cuenta si se conoce o no el tamaño poblacional.

1. En poblaciones infinitas, las fórmulas que se aplican están dadas por:

$$n = \frac{Z^2 S^2 X}{E^2} \text{ (Variable)}$$

Ecuación 3. Tamaño de muestra para M.A.S, poblaciones infinitas (variable).

$$n = \frac{Z^2 PQ}{E^2} \text{ (Atributo)}$$

Ecuación 4. Tamaño de muestra para M.A.S, poblaciones infinitas (atributo).

2. En las poblaciones finitas se aplican las siguientes formulas según variable o atributo:

$$n = \frac{Z^2 S^2 N}{NE^2 + Z^2 S^2} \text{ (Variable)}$$

Ecuación 5. Tamaño de muestra para M.A.S, poblaciones finitas (variable).

$$n = \frac{NZ^2 PQ}{NE^2 + Z^2 PQ} \text{ (Atributo)}$$

Ecuación 6. Tamaño de muestra para M.A.S, poblaciones finitas (atributo).

6.7.Sistema de valoración Westinghouse

Es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Este estudio en efecto tiene por objeto en las empresas determinar tiempos tipo para fijar el volumen de trabajo por cada puesto y establecer sistemas de primas. Los procedimientos empleados repercuten, pues en los ingresos de trabajadores, y no solo en la productividad y en los beneficios de la empresa. El estudio del tiempo no es una ciencia exacta, aunque se han hecho y se continúan haciendo investigaciones para darle base científica, sin embargo la valoración del ritmo del operario y los suplementos de tiempo que es deben prever para recuperarse de fatiga y para otros fines siguen siendo en gran parte cuestión de criterio y por lo tanto objeto de negociación entre la empresa y los trabajadores (Muther, Systematic layout planning, 1973), ver Tabla 5 y Tabla 6.

Tabla 5.

Sistema de valoración Westinghouse.

Habilidad			Esfuerzo		
0.15	A1	Habilísimo	0.13	A1	Excesivo
0.13	A2	Habilísimo	0.12	A2	Excesivo
0.11	B1	Excelente	0.1	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente	0.08	B2	Excelente

0.06	C1	Bueno	0.05	C1	Bueno
0.03	C2	Bueno	0.02	C2	Bueno
0	D	Medio	0	D	Medio
"-0.05	E1	Regular	"-0.04	E1	Regular
"-0.1	E2	Regular	"-0.08	E2	Regular
"-0.16	F1	Malo	"-0.12	F1	Malo
"-0.22	F2	Malo	"-0.17	F2	Malo
Condiciones			Consistencia		
0.06	A	Ideales	0.04	A	Perfecta
0.04	B	Excelentes	0.03	B	Excelente
0.02	C	Buenas	0.01	C	Buena
0	D	Medias	0	D	Media
"-0.03	E	Regulares	"-0.02	E	Regular
"-0.07	F	Malos	"-0.04	F	Malo

Tabla 6.

Sistema de Suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos básicos.

	Hombre	Mujer
1. Suplementos constantes		
Suplementos por necesidades personales	5	7
Suplementos básicos por fatiga	4	4
TOTAL	9	11

2. Suplementos variables

Añadidas al suplemento básico por fatiga

A. Suplemento por trabajar de pie	2	4
--	---	---

B. Suplemento postura anormal

Ligeramente incomoda	0	1
----------------------	---	---

Incómoda inclinado	2	3
--------------------	---	---

Muy incómoda (echado-estirado)	7	7
--------------------------------	---	---

C. Levantamiento de pesos y uso de

fuerza

2.5 Kg	0	1
--------	---	---

5.0 Kg	1	2
--------	---	---

7.0 Kg	2	3
--------	---	---

10.0 Kg	3	4
---------	---	---

12.5 Kg	4	5
---------	---	---

15.0 Kg	6	9
---------	---	---

17.5 Kg	8	12
---------	---	----

20.0 Kg	10	15
---------	----	----

22.5 Kg	12	18
---------	----	----

25.0 Kg	14	
---------	----	--

30.0 Kg	19	
---------	----	--

40.0 Kg	23	
---------	----	--

50.0 Kg	58	
---------	----	--

D. Intensidad de luz		
Ligeramente por debajo de lo recomendado	0	0
Bastante por debajo	2	2
Absolutamente insuficiente	5	5
E. Calidad de aire (factores climáticos inclusive)		
Buena ventilación o aire libre	0	0
Mala ventilación, pero sin emanaciones tóxicas	5	5
Proximidades de hornos, calderas, etc	5	15
F. Tensión visual		
Trabajos de cierta precisión	0	0
Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
G. Tensión auditiva		
Sonido continuo	0	0
Intermitente y fuerte	2	2
Intermitente y muy fuerte	3	3
Estridente y fuerte	5	5
H. Tensión Mental		
Proceso Bastante complejo	1	1
Proceso complejo y atención muy dividida	4	4
Muy complejo	8	8
I. Monotonía mental		

Trabajo algo monótono	0	0
Trabajo bastante Monótono	1	1
Trabajo Monótono	4	4
J. Monotonía Física		
Trabajo algo aburrido	0	0
Trabajo aburrido	2	1
Trabajo muy aburrido	5	2

6.7.1. Tiempo tipo o estándar

El tiempo tipo o estándar es el tiempo que se concede para efectuar una tarea. En él están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos: repetitivos, constantes, variables; así los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos, a estos tiempos ya valorados se les agregan los suplementos siguientes: personales, por fatiga y especiales. La obtención de este resultado final se explica a continuación (Chase J. , 2003).

Cálculo del tiempo tipo o estándar

Una vez que se han terminado de realizar los pasos siguientes:

- Obtener y registrar información de la operación.
- Descomponer la tarea, registrar los elementos.
- Tomar las lecturas.
- Nivelar el ritmo de trabajo.
- Calcular los suplementos de estudio de tiempos.

Se procede a calcular el estudio de tiempos y se obtiene el tiempo estándar de la operación como sigue:

A. Se analiza la consistencia de cada elemento. Las medidas a tomar pueden ser las siguientes:

- a. Si las variaciones son debidas a la naturaleza del elemento se conservan todas las lecturas.
 - b. Si las variaciones no son originadas por la naturaleza del elemento y las consistentes, la inconsistencia en el elemento estudiado se deberá a la falta de habilidad o desconocimiento de la tarea por parte del trabajador. Si un gran número de observaciones son consistentes, se pueden eliminar las observaciones extremas y sólo conservar las normas. Si no es posible distinguir cuáles son extremas y cuáles son normales, debe repetirse íntegramente el estudio con otro trabajador.
 - c. Si las variaciones no son debidas a la naturaleza del elemento, pero la lectura anterior o posterior al elemento donde se observa la variación, o ambas, también han sufrido variaciones, esta situación ocurre por errores en el cronometraje cometidos por el tomador de tiempo. Si es mínimo el número de casos extremos, se eliminarán estos y se conservan sólo los normales. Si por el contrario, este error se ha cometido en muchas lecturas, aunque no todas sean en el mismo elemento, lo más indicado es repetir el estudio de tiempos todas las veces que sea necesario, hasta obtener una consistencia adecuada.
 - d. Cuando las variaciones sean inexplicables, deben analizarse cuidadosamente antes de eliminarlas. Nunca debe aceptarse una lectura anormal como inexplicable. Si hay dudas, siempre es preferible repetir el estudio.
- C. Se anota el número de lecturas que han sido consideradas para cada elemento.

B. En cada uno de los elementos se suman las lecturas que han sido consideradas como consistentes.

C. Se anota el número de lecturas que han sido consideradas para cada elemento.

D. Se divide, para cada elemento, la suma de las lecturas entre el número de lecturas consideradas, el resultado es el tiempo promedio por elemento.

$$T_e = \frac{\sum X_i}{n}$$

E. Se multiplica el tiempo “promedio” (T_e) por el factor de valoración. Esta cifra debe aproximarse hasta el milésimo minuto, obteniéndose el tiempo base elemental.

$$T_n = T_e(\text{valoración en \%})$$

F. Al tiempo base elemental se le suma la tolerancia por suplementos concedidos, obteniéndose el tiempo normal o concedido por elemento.

$$T_t = T_n(1 + \text{tolerancias})$$

G. Se calcula la frecuencia por operación o por pieza, de cada elemento cíclico y contingente.

H. Se multiplica el tiempo concedido elemental por la frecuencia obtenida del elemento. A este producto se le denomina tiempo total concedido.

I. Se suman los tiempos concedidos para cada elemento y se obtiene el tiempo tipo o estándar por operación, pieza, etcétera.

J. Al efectuar el cálculo del tiempo tipo deben tener en cuenta las siguientes consideraciones.

a. Cómo se asignarán los elementos contingentes.

b. Si debe concederse el tiempo de preparación y retiro.

c. El factor de interferencia cuando se presente un ciclo de trabajo estudiado.

Se define la eficiencia como la relación entre los recursos utilizados en una planta y los logros conseguidos con el mismo (disminución de tiempos en este caso). La eficiencia de fabricación determina qué tan bien funciona una fábrica en una producción. Para evitar desperdiciar dinero, todos los procesos de fabricación deben ser los más eficientes posibles. El cálculo de un valor numérico de la eficiencia ayuda a identificar si las hay que hacer mejoras necesarias al proceso de producción. Mantener un registro cuidadoso facilita los cálculos.

La eficiencia de la línea se puede calcular como:

$$E = \frac{\sum M.E}{\sum M.E.P} * 100$$

Donde:

E: eficiencia

M.E: minutos estándares por operación.

M.E.P: minutos estándares permitidos por operación.

6.8. Modelos cuantitativos de planificación de plantas

Existen varios modelos prescriptivos para resolver problemas relativamente sencillos de ubicación y disposición de planta. Uno de ellos es el modelo de diseño de almacenes al considerar el método de almacenamiento clásico de apilamiento en bloques; de manera específica, ayuda a minimizar la cantidad promedio de espacio de piso que se necesita para guardar un producto.

El enfoque centrado en los sistemas de almacenamiento continúa con el análisis de los sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (AS/R). Además, de exponer modelos para efectuar estimaciones a grandes rasgos del costo de adquisición de un sistema AS/R

Además de los modelos de almacenamiento hay varios modelos descriptivos que se utilizan para diseñar sistemas de bandas transportadoras, de líneas de espera, modelos de simulación para abordar un conjunto más amplio de fenómenos probabilísticos que se pueden aplicar con modelos de línea de espera.

En general existen numerosos modelos cuantitativos que se aplican para comprender o facilitar la decisión de diseño de planificación de plantas (White & Bozer, 2012).

6.9. Metodología de la planeación sistemática de la distribución de plantas

La metodología conocida como SLP (*Systematic layout planning*) por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y utilizada para la solución de problemas de distribución de planta a partir de criterios cualitativos. Fue desarrollado por Richard Muther en 1961, como un procedimiento sistemático multicriterio, igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El método reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes, e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que, como el propio Muther describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos (Muther, *Systematic layout planning*, 1973).

6.9.1. Matriz Origen – Destino

Este diagrama reúne la información del flujo de material entre los departamentos.

A continuación se explica los pasos a seguir para realizar el diagrama.

Paso 1. Análisis del producto, cantidad y tiempo: Se debe conocer qué se produce, las cantidades y el tiempo en el que se ejecuta.

Paso 2. Análisis de recorrido: Se determina la secuencia y los movimientos de los productos por las diferentes operaciones a través del proceso. Ejemplo: Para el siguiente ejemplo, se considera una planta con una distribución por procesos definidos como A, B, C, D y E, en donde se elaboran 3 productos (1,2, 3). En la Tabla 7 se podrán observar los pasos 1 y 2.

Tabla 7.

Relación de volúmenes Producto.

Producto	Secuencia de las operaciones (Departamentos)	Producción Semanal
1	A-C-D-E	500
2	B-A-C-E-D	1000
3	E-C-A-D-C	300

Paso 3. Análisis de flujos: Con base en los datos de la Tabla 7, se elabora la matriz Origen – Destino; en la cual los departamentos ubicados en la primera columna representarán el departamento donde se origina el flujo y los ubicados en la primera fila representarán el destino de dicho flujo (éste flujo, será representado por el número de unidades a desplazar)

Lo anterior se ilustra a continuación. En la Tabla 8, se muestra que del departamento 2. “A” al departamento “C” se movilizan 1500 unidades correspondientes así: 500 unidades del producto 1 y 1000 unidades del producto.

Tabla 8.

Ejemplo diagrama Origen – Destino.

	A	B	C	D	E
A	-		1500	300	
B	1000	-			
C	300				
D			-	500	1000
E			300	-	500
			300	1000	-

Paso 4. Suma de los flujos: Se suman las unidades totales a transportar entre cada par de departamentos, completando así, solamente la parte superior de la diagonal principal de la matriz.

Ejemplo: Las unidades a transportar de “A” a “C” más las unidades a transportar de “C” a “A” suman 1800, como se ve en la Tabla 9.

Tabla 9.

Diagrama Origen – Destino (suma).

	A	B	C	D	E
A	-	1000	1800	300	
B		-			
C			-	800	1300
D				-	1500
E					-

Paso 5. Análisis de cercanía: Se identifica el valor máximo y el valor mínimo de la matriz. Se halla el rango (máximo – mínimo) y se divide en la cantidad de niveles con la que se vaya a trabajar, para crear así los intervalos de los niveles de cercanía a tener en cuenta para identificar la relación entre departamentos. Muther propone los niveles de relación así:

A = Absolutamente necesaria

O = Ordinario

E = Especialmente importante

U = No importante

I = Importante

X = Indeseable

Para el Ejemplo sólo se tendrán en cuenta los primeros 5 niveles, obteniendo los siguientes intervalos entre los niveles:

$$Rango = \frac{1800 - 300}{5} = 300$$

Por lo tanto, A iniciará con 1800 (valor máximo en la tabla) se le resta el rango (300), lo cual da lugar a un nivel entre 1800-1500. El siguiente nivel comenzará desde el valor mínimo del nivel anterior a éste y se repite el proceso con el resto de niveles, según los definidos. Para éste ejemplo, los niveles quedan de la siguiente manera:

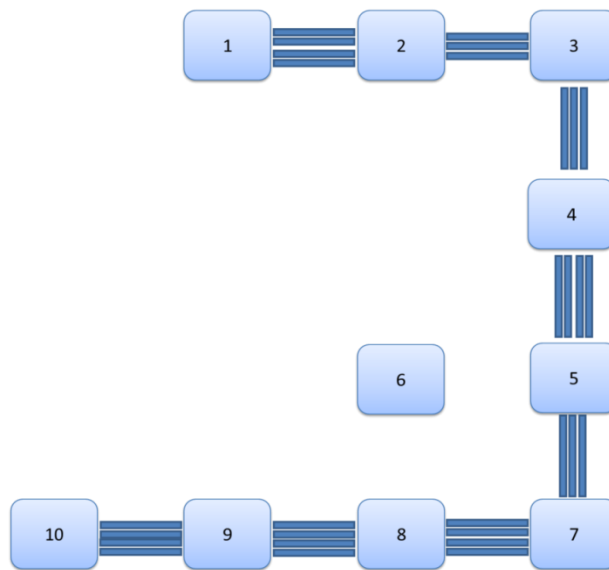
A = 1800 – 1500; E = 1500 – 1200; I = 1200 – 900 ; O = 900 – 600 ; U = 600 – 300

Paso 6. Elaborar el diagrama de relación de actividades: Este diagrama consiste en distribuir los departamentos en el espacio disponible, dando prioridad a las relaciones más fuertes. En el ejemplo se puede observar, que las relaciones se encuentran representadas gráficamente con líneas en cantidades proporcionales a la relación que conservan los departamentos.

La siguiente metodología es el diagrama de relación de actividades consiste en distribuir los departamentos en el espacio disponible, dando prioridad a las relaciones más fuertes. Cabe resaltar que este método es cualitativo y por tal motivo puede quedar en diferentes formas de acuerdo a las preferencias de la persona que lo realiza. En la Tabla 10 se observa una distribución lineal que sería lo ideal en este proceso si los lugares de trabajo mantienen una distancia considerable, se observa que hay un proceso quedó aislado pero cercano dado que es una actividad

Tabla 10.

Diagrama de relación de actividades.



Para complementar la distribución de relación de actividades se describe la relación correspondiente entre los departamentos en la Tabla 11, indicando los niveles de cercanía con las letras a diferencia de las líneas como en la Tabla 10.

6.10.1. Fundamentos de la simulación

Entidad

Puede ser un objeto o persona que se mueve a través de un sistema y que causa cambios en las variables de respuesta.

Ejemplos de entidades y sistemas:

- Un cliente en un banco
- Una orden de pedido en un sistema de inventarios
- Un producto o referencia de confección perteneciente a un proceso de manufactura

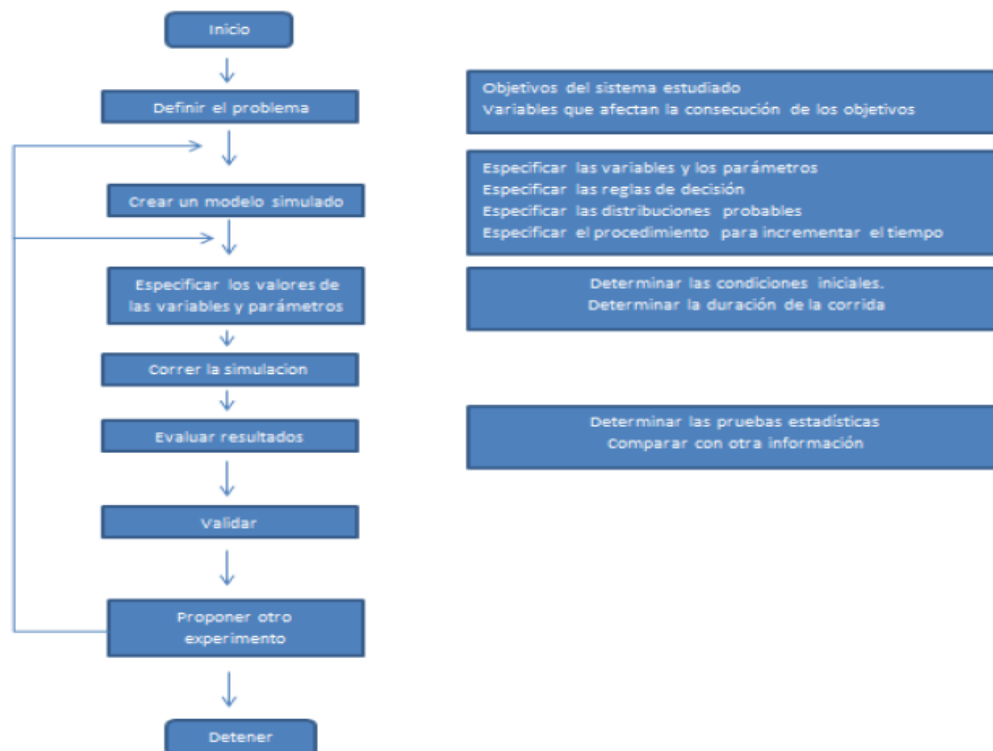


Figura 8. Fases principales de un estudio de simulación.

Recurso

Es un elemento estacionario que puede ser ocupado por una entidad. Los recursos se emplean cuando se quiere representar actividades claves del sistema que restringen el flujo de entidades. Los recursos tienen una capacidad finita; así mismo, cuentan con una serie de estados por los cuales atraviesan a lo largo de la simulación, ejemplo, ocupado ocioso, inactivo o dañado. Un recurso poder ser una persona, una máquina o, incluso, un espacio en áreas de almacenamiento.

6.10.2. Funcionamiento

Una entidad que solicita recurso:

- Toma control del recurso, si este está disponible
- Si no está disponible, espera en la cola asociada al recurso hasta cuando este se desocupe para que tome el respectivo control.

Una entidad que tiene control de un recurso:

- En caso de que no requiera más la atención del recurso, puede liberarlo para darle paso a otra entidad en espera.
- Puede continuar efectuando los procesos que sean necesarios (incluso, en otros recursos) hasta terminar su ciclo en ese recurso y así liberarlo.

Atributo

Es una característica propia de cada entidad. En el simulador Arena software se pueden definir tantos atributos como lo requiera el usuario para el modelamiento del sistema en estudio. Cada entidad individual tiene su propio valor de atributo.

Esto implica que para determinar este valor, a diferencia de las variables, se debe examinar la entidad que lo porta.

Los atributos se definen con un nombre, por ejemplo, peso, numero de orden, color, etc., y deben tener valor numérico que indique algo para el usuario

Variables

Representan características del sistema; son de carácter global, es decir, su valor es el mismo en cualquier parte del modelo. Las variables pueden ser predeterminadas por el programa o definidas por el usuario; se definen como un nombre y con un valor que simbolice un estado del sistema.

Sistema

Es un conjunto de elementos que se encuentran en interacción y que buscan alguna meta o metas comunes; para ello operan sobre dato o información, sobre energía, materia u organismos, con el propósito de producir como salida información, energía, materia u organismos. Un sistema es un conjunto de componentes interrelacionados que, en forma organizada, recibe entradas y la procesa y emite salidas para obtener una meta común.

Clases de sistemas:

- Naturales y artificiales
- Determinísticos y probabilísticos

- Sociables, hombre-máquina y mecánicos
- Abiertos y cerrados
- Permanentes y temporales
- Estables y no estables
- Adaptivos y no adaptivos

Modelo

Es una representación de la realidad que se desarrolla con el propósito de estudiarla. En la mayoría de los análisis no es necesario considerar todos los detalles; de tal manera, el modelo no solo es un sustituto de la realidad, sino también una simplificación de ella.

Los modelos se pueden clasificar en:

- Modelos icónicos
- Modelos analógicos
- Modelos simbólicos; estos, a su vez, incluyen:
 - Modelos determinísticos
 - Modelos estocásticos o probabilísticos
 - Modelos dinámicos
 - Modelos continuos
 - Modelos discretos

Los modelos tienen las siguientes características:

- Confiabilidad
- Sencillez
- Bajo costo de desarrollo y operación
- Manejabilidad
- Fácil entendimiento del modelo y de los resultados
- La relación costo-beneficio debe ser positiva

Evento

Es la ocurrencia que cambia el estado del sistema. Hay eventos internos y externos; estos se conocen también como endógenos y exógenos, respectivamente.

6.10.3. Ventajas de la simulación

Ventajas

- Crear el modelo de un sistema permite, generalmente, entender mejor el sistema real.
- En una simulación podemos comprimir el tiempo; es decir, se puede comprimir los muchos años de experiencia del sistema real a unos cuantos segundos o minutos.
- La simulación no interrumpe las actividades que están desarrollándose en el sistema real.
- La simulación es mucho más general que los modelos matemáticos y se puede usar cuando las condiciones no son idóneas para un análisis matemático estándar.
- Se puede usar la simulación como un juego que brinda una experiencia para la capacitación.
- La simulación ofrece una réplica más realista de un sistema que un análisis matemático.
- Se puede usar la simulación para analizar condiciones transitorias, mientras que las técnicas matemáticas normalmente no permiten hacerlo.
- Existen en el mercado muchos paquetes estándar de modelos que abarcan una amplia gama de temas.
- La simulación contesta preguntas de “qué pasaría si”...

Desventajas

- Si bien invertir mucho tiempo y esfuerzo para crear un modelo para la simulación, no existe ninguna garantía de que este, de hecho, ofrezca buenas respuestas.
- No hay manera de demostrar que el desempeño del modelo de la simulación es fiable por completo. La simulación entraña numerosas repeticiones de secuencias, que están basadas en ocurrencias generales en forma aleatoria. Un sistema aparentemente estable, dado la combinación correcta de hechos (aun cuando sea poco probable), puede explotar.
- De acuerdo con el sistema que se simula, la creación de un modelo simulado puede tomar desde una hora hasta 100 años-hombre. Los sistemas complicados pueden ser caros y tomar mucho tiempo.
- La simulación puede ser menos exacta que el análisis matemático, porque está basada en el aspecto aleatorio. Si podemos representar un sistema dado con un modelo matemático, en lugar de con una simulación podría ser más aconsejable usar el primero.
- Tal vez se necesite mucho tiempo de computadora para correr modelos complejos.
- La técnica de la simulación, si bien ha avanzado, aún tiene el defecto de carecer de un enfoque estandarizado. Por lo tanto, los modelos del mismo sistema, creados por distintas personas, podrían ser muy diferentes entre sí.

6.10.4. Arena

Arena combina la facilidad de uso de los simuladores de alto nivel con flexibilidad de los lenguajes de simulación y recorre todo el camino hacia debajo de los lenguajes de procesamiento de

propósito general como el sistema de programación Microsoft Visual Basic o C si realmente lo quiere. Lo hace así al proporcionar plantillas alternativas e intercambiables de modelación de simulación gráfica y módulos de análisis que se puedan combinar para desarrollar una amplia variedad de modelos de simulación. Para una mayor visualización y organización, los módulos están por lo general agrupados en paneles para componer una plantilla. Al cambiar los paneles se obtiene acceso a un conjunto completamente diferente de construcciones y capacidades de modelado de simulación. En la mayoría de los casos, los módulos de diferentes paneles pueden mezclarse en el mismo modelo (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2008).

Arena mantiene su flexibilidad de modelación al ser totalmente jerárquico. En cualquier momento puede utilizar los módulos de bajo nivel del panel bloques y elementos, y tener acceso a la flexibilidad del lenguaje de simulación y mezclar las construcciones de SIMAN (lenguaje de simulación) con módulos de más alto nivel de otras plantillas. Para necesidades especializadas, como algoritmos complejos de decisión o datos de acceso desde una aplicación externa, se pueden escribir partes de su modelo en un lenguaje de procesamiento como Visual Basic o C/C++. Todo esto, a pesar de cuan alto o bajo quiera ir usted en la jerarquía, tiene lugar en la misma interfaz gráfica consistente del usuario.

7. Diseño metodológico

Los procedimientos a ejecutar para el desarrollo del proyecto se enmarcan dentro de los siguientes aspectos metodológicos:

7.1. Tipo de investigación

La investigación que aquí se plantea es cualitativa, donde estudia la necesidad de la empresa Calzado Beatriz de Vargas de aumentar la capacidad de producción para incursionar en diversos mercados, desde elementos teóricos de ingeniería como lo es la distribución de planta.

Igualmente es de tipo descriptiva, pues alcanza los objetivos de la investigación a partir de la disertación teórica y el análisis de los componentes esenciales de la realidad estudiada, es decir, diseña una propuesta de distribución desde la caracterización de la empresa.

7.2. Método de investigación

El desarrollo del componente teórico de la investigación y la consecución de los objetivos planteados se lleva a cabo desde el método inductivo, consistente en un análisis lógico del problema, tomando como referencia datos reales por medio de la observación de situaciones que incluyan el problema y expliquen los fenómenos del estudio para generar conclusiones generales (Abril, 2010), que para el caso, surge desde la realidad empresarial de calzado Beatriz de Vargas y su deseo de ampliar su capacidad de producción.

7.3. Fuentes de información

Se seleccionan como fuentes de información:

-Primaria: Se extrae la información inicialmente de la observación directa sobre la empresa objeto de la investigación así como de los procesos industriales adelantados. Igualmente, se obtiene la información a partir de la entrevista personal con el gerente de la empresa.

-Secundaria: Se extrae la información de fuentes escritas, como documentos de investigación, libros, artículos, páginas web, acuerdos comerciales, y demás bibliografía necesaria para la delimitación conceptual del trabajo. Las bases de datos a consultar son:

- Universidad Pontificia Bolivariana
- Universidad Industrial de Santander
- Universidad de Investigación y desarrollo

De las bases de datos se puede extraer información por medio de proyectos de grado, libros y artículos de manera virtual y en físico.

Páginas web a consultar:

- Cámara de Comercio de Bucaramanga.
- ANDI
- Ministerio de Industria Comercio y Turismo.
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia.
- DANE
- Asociación Colombiana de Industriales del calzado, el cuero y sus manufacturas.

Programas

- Software Arena

7.4. Técnicas de información

Para lograr las diferentes actividades planteadas en el diseño de la propuesta de distribución de planta para la empresa calzado Beatriz de Varga se llevaran a cabo:

- ✓ Entrevistas presenciales con el gerente.
- ✓ La observación directa de la empresa y sus procesos industriales.
- ✓ Caracterización de los procesos industriales.
- ✓ Simulación de la producción actual.
- ✓ Revisión de bibliografía referente a modelos de distribución de planta.

7.5. Actividades a realizar

El proyecto a ejecutar se llevará a cabo en orden sucesivo las siguientes actividades respecto a la propuesta de distribución de planta para la empresa, Figura 9.



Figura 9. Diagrama metodológico del proyecto distribución de planta.

8. Análisis del proceso productivo

8.1.Descripción del proceso

La empresa fabrica diversas referencias que se agrupan en tres familias: sandalias, planta y zapatillas. Cada familia tiene un proceso de producción, los cuales son básicamente corte, desbaste, armado, costura, solado, troquelado, montaje, y emplantillado.

- **Proceso de corte:** comienza con afilar la herramienta principal en este proceso y es la cuchilla, luego se corta capellana, hebilleros, talón y se sitúan los moldes. Finalmente el material es trasladado al siguiente puesto de trabajo el cual es el proceso de desbaste. En este proceso la empresa cuenta con dos puestos de trabajo, Figura 10.



Figura 10. Área de corte de material.

- **Proceso de desbaste:** Inicialmente se realiza una inspección por parte del encargado de producción y por medio de una desbastadora se reduce el calibre del cuero para las partes de la capellana, talón, hebillero, correa y talón. Finalmente, se traslada el material al siguiente proceso de armado, Figura 11.



Figura 11. Área de desbaste.

- **Proceso de armado:** en esta área se desbastan varias partes del material por medio de una cuchilla, por lo tanto el proceso inicia con afilar la cuchilla y termina con aplicar pegamento a los forros. De igual manera se realiza una inspección del material antes de comenzar y luego de hacer el proceso es trasladado al siguiente proceso de costura. La empresa cuenta con cuatro puestos de armado, Figura 12 y Figura 13.



Figura 12. Área de armado 1.



Figura 13. Área de armado total.

- **Proceso de costura:** se tienen varias máquinas de coser pero la que se usa últimamente es la máquina de poste, ya que tiene múltiples funciones y para los modelos trabajados en los últimos años no necesitan las otras. Finalmente, el producto es trasladado por el operario al siguiente proceso del material, Figura 14.



Figura 14. Área de costura.

- **Proceso de solado:** se realiza una inspección general por parte del encargado de producción y se inicia con aplicar pegamento a algunas partes y termina con juntar hiladillo a puntera. La empresa cuenta con cinco puestos de solado, Figura 15.



Figura 15. Área del solador.

- **Proceso de troquelado:** el troquelado se realiza por medio de una troqueladora que se encuentra ubicada cerca a los cinco puestos de solado y esta función es realizada por los mismos soladores, ya que es un proceso sencillo, Figura 16.



*Figura 16.*Área de troquelado.

- **Proceso de montaje:** se comienza con apuntillar la horma, aplicar pegamento, montar la planta, raspar las suelas y pegar tacón de ser necesario. Este proceso es realizado por el soldador en su mismo lugar de trabajo luego de ir a la troqueladora. El soldador debe llevar el material al área de emplantillado.
- **Proceso de emplantillado y empaque:**se realiza una inspección general y se retiran los residuos del pegante, enumera y pone plantilla. Finalmente se empaican las zapatillas en

cajas y se trasladan a bodega. El material que llega al proceso de emplantillado es acomodado en stands, Figura 17.



Figura 17. Área de emplantillado.

8.2.Descripción de maquinaria

Tabla 12.

Maquinaria empleada para el proceso de producción de calzado en la empresa Beatriz de Vargas.

Maquinaria		Cantidad
Máquina de poste	Máquina de doble transporte con sistema de retroceso de una o dos agujas.	3
	Marca: SEIKO	
	Referencia: PW7B	
Desbastadora	Máquina robusta con mecanismos principales montados sobre cojines para poder obtener de este modo el máximo silencio y un	1

mayor desliz, la eliminación de la lubricación periódica y así una larga duración.

Marca: SAGITTA

Referencia:SC75A

Pegadora	Máquina de pegado de piezas a presión. Evita que queden excesos de aire en su interior. Marca: AIRTAC	2
Pulidora	Esta máquina adopta el motor de CA como fuerza motiva y adopta el convertidor 2P para ajustar velocidad, así que la fuerza de pulido es mejor. La energía del eje principal es grande, la velocidad rotatoria puede ser ajustada convenientemente, así que la calidad de pulido de zapatos se realiza grandemente. Su función es pulir los bordes de los zapatos y de las plantillas. Marca: ZEA machine	2
Selladora	Máquina desarrollada para aplicar etiquetas tipo transfer en plantilla. Posee transporte automático para etiquetas, posicionándolas en el plato calentado para que se efectúe la aplicación sin riesgos para el operador y con mayor productividad. Marca: RUIXIN	1
Máquina ribeteadora	Esta máquina cuenta con palanca tira hilo, el principal del brazo y el eje del garfio trabaja sincronizadamente gracias a un sistema de engranes de alta precisión en espiral. Esta máquina también cuenta con un sistema de lubricación automático. Su función es la costura de los bordes del modelo con hilo grueso. Marca: DWI-II Referencia: 060509000	1
Máquina plana	Máquina industrial de pespunte recto de base plana, completa con mesa y motor industrial. Realiza forros y costuras lineales en general. Marca: SINGER Referencia:0300AA	1

8.3. Diagrama de procesos y estudio de tiempos.

El diagrama de flujo del proceso se encargará de mostrar gráficamente la sucesión de actividades que son necesarias para la elaboración de un producto. Se describe a continuación los diagramas de procesos de las familias de sandalias, planta y zapatillas.

Para determinar el número de tiempos a tomar se utilizó el siguiente modelo estadístico, muestreo tipo probabilístico aleatorio simple, adecuado para determinar el tamaño de muestra.

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{(N - 1) e^2 + Z^2 * p * q}$$

Ecuación 7. Tamaño muestra.

Siendo, N: zapatos fabricados diarios. Z: Nivel confiabilidad. e: Error estimado. p: Probabilidad de éxito. q: Probabilidad de no éxito. n: número de muestras.

Para el caso en particular: N: 24. Z: 95% (1,96). e: 5%. p: 50%. q: 50%. n: número de muestras

$$n = \frac{(1,96)^2 * 24 * 50\% * 50\%}{(24 - 1) (5\%)^2 + (1,96)^2 * 50\% * 50\%}$$

$$n = 21,99 \text{ datos de tiempos}$$

El tamaño de la muestra óptimo que se debe tomar es n= 22 con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 14.

Diagrama de procesos y promedio de tiempos de la familia sandalia, Anexo 2.

Actividad	TIEMPO (S)																						Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	20	22		
Corte																							
Aflilar cuchilla	6,6	6,6	6,61	6,56	6,61	6,61	6,6	6,6	6,56	6,61	6,61	6,56	6,6	6,56	6,61	6,61	6,6	6,6	6,56	6,61	6,61	6,56	6,593182
Situvar molde de capellana	5,13	5,12	5,12	5,13	5,13	5,13	5,13	5,12	5,13	5,13	5,15	5,13	5,12	5,13	5,13	5,13	5,12	5,13	5,13	5,13	5,15	5,13	5,129545
Cortar capellana x2	24,64	29,64	29,6	29,6	29,62	29,7	24,64	29,64	29,6	29,62	29,7	29,63	29,64	29,6	29,62	29,7	24,64	29,64	29,6	29,62	29,7	29,63	28,95727
Situvar molde de talón	5,37	5,38	5,38	5,36	5,38	5,36	5,37	5,38	5,36	5,37	5,38	5,36	5,35	5,38	5,36	5,38	5,36	5,37	5,38	5,36	5,38	5,36	5,368636
Cortar talón x2	28,7	28,64	28,6	28,7	28,68	28,7	28,7	28,64	28,7	28,68	28,7	28,68	28,7	28,68	28,7	28,68	28,7	28,68	28,7	28,68	28,7	28,64	28,67727
Situvar molde de la hebilleria	5,4	5,38	5,38	5,4	5,38	5,39	5,4	5,38	5,4	5,38	5,39	5,42	5,38	5,4	5,38	5,39	5,4	5,38	5,4	5,38	5,4	5,38	5,391818
Cortar hebillerio	20,78	20,8	20,8	20,75	20,82	20,73	20,78	20,8	20,8	20,75	20,82	20,73	20,8	20,8	20,75	20,82	20,73	20,8	20,8	20,75	20,82	20,73	20,7909
Situvar molde de correa	5,6	5,6	5,6	5,62	5,6	5,6	5,6	5,6	5,62	5,6	5,6	5,6	5,6	5,62	5,6	5,6	5,6	5,62	5,6	5,6	5,6	5,6	5,603636
Cortar correa	16,62	16,6	16,6	16,61	16,64	16,6	16,62	16,6	16,61	16,64	16,6	16,64	16,6	16,61	16,64	16,6	16,62	16,6	16,61	16,64	16,6	16,64	16,61545
Situvar molde de parte de talón	5,28	5,27	5,27	5,27	5,28	5,26	5,28	5,27	5,27	5,28	5,26	5,28	5,27	5,27	5,28	5,26	5,28	5,27	5,27	5,28	5,26	5,27	5,274091
Cortar parte talón	17,43	17,46	17,5	17,44	17,46	17,4	17,43	17,46	17,44	17,46	17,4	17,4	17,46	17,44	17,46	17,4	17,43	17,46	17,44	17,46	17,4	17,4	17,43591
Situvar molde tira de talón	5,32	5,31	5,31	5,31	5,35	5,3	5,32	5,31	5,31	5,35	5,3	5,35	5,31	5,31	5,35	5,3	5,32	5,31	5,31	5,35	5,3	5,35	5,320455
Cortar tira de talón	10,83	10,81	10,8	10,85	10,81	10,81	10,83	10,81	10,85	10,81	10,81	10,85	10,81	10,85	10,81	10,85	10,81	10,85	10,81	10,85	10,81	10,85	10,8264
Traer sintéticos al puesto de trabajo	16,11	16,1	16,1	16,1	16,15	16,15	16,11	16,1	16,15	16,15	16,11	16,1	16,11	16,1	16,15	16,15	16,11	16,1	16,15	16,15	16,11	16,1	16,12227
Situvar molde de forro capellana	5,63	5,65	5,63	5,65	5,63	5,7	5,63	5,65	5,63	5,7	5,65	5,65	5,63	5,65	5,63	5,7	5,63	5,65	5,63	5,7	5,65	5,65	5,650909
Cortar molde de forro capellana	15,25	15,25	15,3	15,25	15,3	15,25	15,25	15,25	15,3	15,25	15,25	15,3	15,25	15,25	15,3	15,25	15,25	15,3	15,25	15,25	15,3	15,25	15,26
Situvar molde de forro talón	5,52	5,52	5,52	5,5	5,55	5,5	5,52	5,52	5,5	5,55	5,5	5,55	5,52	5,5	5,55	5,5	5,52	5,52	5,5	5,55	5,5	5,55	5,520909
Cortar forro de talón	14,36	14,33	14,3	14,4	14,4	14,33	14,36	14,33	14,4	14,4	14,33	14,36	14,33	14,4	14,4	14,33	14,36	14,33	14,4	14,4	14,33	14,4	14,35955
Situvar molde de forro correa	5,02	5,07	5,07	5	4,98	5	5,02	5,07	5	4,98	5	5,04	5,07	5	4,98	5	5,02	5,07	5	4,98	5	5,04	5,018636
Cortar forro de correa	16,52	16,61	16,6	16,55	16,61	16,55	16,52	16,61	16,55	16,61	16,55	16,61	16,55	16,61	16,55	16,61	16,55	16,61	16,55	16,61	16,55	16,61	16,57045
Traer badana a puesto de trabajo	16,11	16,11	16,1	16,11	16,15	16,15	16,11	16,11	16,15	16,15	16,11	16,11	16,15	16,15	16,11	16,11	16,15	16,15	16,11	16,11	16,15	16,15	16,13
Situvar molde de ribetes	5,33	5,3	5,33	5,3	5,33	5,4	5,33	5,3	5,33	5,4	5,34	5,36	5,33	5,3	5,33	5,4	5,33	5,3	5,33	5,4	5,34	5,36	5,339545
Cortar ribeter x4	20,09	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,03	20,09	20,1	20,1	20,03	20,05	20,03	20,09	20,1	20,1	20,03	20,05	20,1	20,1	20,03	20,05	20,05591
Ordenar y clasificar	23,49	23,45	23,5	23,5	23,5	23,5	23,49	23,45	23,5	23,5	23,5	23,49	23,45	23,5	23,5	23,5	23,49	23,45	23,5	23,5	23,5	23,49	23,48636
Trasladar	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,056364
Subtotal																							
Desbaste																							
Inspección general	25,48	25,42	25,1	25,02	26,12	25,48	25,42	25,13	25,02	26,12	25,48	25,42	25,13	25,02	26,12	25,48	25,42	25,13	25,02	26,12	25,48	25,42	25,42818
Desbastar capellada x2	17,5	17,52	17,5	17,54	17,54	17,5	17,52	17,5	17,54	17,54	17,5	17,52	17,5	17,54	17,54	17,5	17,52	17,5	17,54	17,54	17,5	17,5	17,51727
Desbastar talón x2	15,85	15,8	15,8	15,85	15,8	15,85	15,8	15,85	15,8	15,85	15,8	15,85	15,8	15,85	15,8	15,85	15,8	15,85	15,8	15,85	15,8	15,85	15,82773
Desbastar hebillerio	3,3	3,32	3,32	3,3	3,29	3,3	3,32	3,3	3,29	3,3	3,31	3,32	3,32	3,3	3,29	3,3	3,32	3,3	3,29	3,3	3,31	3,32	3,305455
Desbastar correa	4,05	4,1	4,1	4,05	4,13	4,05	4,1	4,05	4,13	4,05	4,1	4,05	4,13	4,05	4,1	4,05	4,13	4,05	4,1	4,05	4,13	4,05	4,084091
Desbastar parte talón	6,03	6,06	6,06	6,06	6,03	6,03	6,06	6,06	6,03	6,03	6,06	6,06	6,06	6,03	6,03	6,06	6,06	6,03	6,03	6,06	6,03	6,03	6,046818
Contar y agrupar	25,27	25,3	25,3	25,25	25,3	25,27	25,3	25,25	25,3	25,27	25,3	25,25	25,3	25,27	25,3	25,25	25,3	25,27	25,3	25,25	25,3	25,27	25,27682
Trasladar	2,72	2,72	2,74	2,7	2,72	2,72	2,72	2,74	2,7	2,72	2,72	2,72	2,74	2,7	2,72	2,72	2,74	2,7	2,72	2,72	2,74	2,7	2,72
Subtotal																							
Armado																							
Inspección general	9,09	9,34	9,34	9,05	9,08	9,12	9,12	9,34	9,05	9,08	9,12	9,09	9,34	9,05	9,08	9,12	9,12	9,34	9,05	9,08	9,12	9,09	9,145909
Aflilar cuchilla	3,05	3,05	3,05	3	3,03	3,05	3	3,03	3,03	3,05	3,03	3,05	3,03	3,03	3,05	3	3,03	3,03	3,05	3	3,03	3,03	3,026364
Desbastar bordes de talón	7,32	7,3	7,3	7,32	7,3	7,32	7,3	7,32	7,3	7,32	7,3	7,32	7,3	7,32	7,3	7,32	7,3	7,32	7,3	7,32	7,3	7,32	7,310909
Desbastar bordes de capellana	14,54	14,5	14,5	14,54	14,5	14,54	14,5	14,54	14,5	14,54	14,5	14,54	14,5	14,54	14,5	14,54	14,5	14,54	14,5	14,54	14,5	14,54	14,52182
Aplicar pegamento a forros	27,2	27,2	27,2	27,25	27,2	27,2	27,2	27,2	27,25	27,2	27,2	27,2	27,2	27,25	27,2	27,2	27,2	27,25	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2
Unir forros	16,42	16,42	16,4	16,48	16,42	16,48	16,42	16,42	16,48	16,42	16,48	16,42	16,42	16,48	16,42	16,48	16,42	16,48	16,42	16,48	16,42	16,48	16,4364
Trasladar	1,62	1,62	1,62	1,62	1,64	1,6	1,62	1,62	1,64	1,6	1,62	1,62	1,62	1,64	1,6	1,62	1,62	1,64	1,6	1,62	1,62	1,62	1,62
Subtotal																							
Costura																							
Puesta a punto de máquina de costura	17,73	17,73	17,7	17,73	17,75	17,75	17,73	17,73	17,75	17,75	17,74	17,75	17,73	17,73	17,75	17,75	17,73	17,73	17,75	17,75	17,74	17,75	17,74
Trasladar	7,03	7,12	7,03	7,12	7,04	7,06	7,03	7,12	7,04	7,06	7,06	7,06	7,03	7,12	7,04	7,06	7,03	7,12	7,04	7,06	7,03	7,12	7,06
Subtotal																							
Solado																							
Inspección general	12,4	13,14	13,1	12,45	12,4	12,35	12,55	13,14	12,45	12,4	12,35	12,4	13,14	12,45	12,4	12,35	12,55	13,14	12,45	12,4	12,35	12,4	12,58182
Aplicar pegamento a capellana y juntar	17,37	17,37	17,4	17,35	17,35	17,37	17,37	17,35	17,35	17,37	17,36	17,37	17,37	17,35	17,35	17,37	17,37	17,35	17,35	17,37	17,36	17,37	17,36182
Juntar hiladillo a capellada	64,43	64,43	64,4	64,43	64,43	64,43	64,43	64,4	64,43	64,43	64,43	64,43	64,43	64,4	64,43	64,43	64,43	64,43	64,43	64,43	64,43	64,43	64,4364
Pasar costura a capellana y puntera	58,49	58,49	58,5	58,52	58,5	58,5	58,49	58,49	58,52	58,5	58,5	58,49	58,49	58,52	58,5	58,5	58,49	58,49	58,52	58,5	58,5	58,5	58,5
Aplicar caucho a capellana terminada	24,7	24,7	24,7	24,73	24,71	24,7	24,71	24,7	24,73	24,71	24,7	24,7	24,73	24,71	24,7	24,71	24,7	24,73	24,71	24,7	24,71	24,7	24,70818
Juntar hiladillo a puntera	43,75	43,75	43,8	43,78	43,75	43,76	43,75	43,78	43,75	43,76	43,75	43,75	43,78	43,75	43,76	43,75	43,78	43,75	43,76	43,75	43,76	43,75	43,75818
Unir capellada y forro	62,6	62,58	62,6	62,6	62,6	62,58	62,58	62,6	62,6	62,58	62,59	62,6	62,58	62,6	62,6	62,58	62,58	62,6	62,6	62,58	62,59	62,6	62,59091
Trasladar	3,52	3,52	3,52	3,56	3,48	3,49	3,52	3,52	3,56	3,48	3,49	3,52	3,52	3,56	3,48	3,49	3,52	3,52	3,56	3,48	3,49	3,52	3,514545
Subtotal																							

En las Tablas 13 a la Tabla 15, se muestran los diagramas de procesos para las tres familias antes mencionadas, además de los tiempos tomados para cada actividad realizada en cada proceso. Se tomó 22 veces el tiempo empleado por actividad para calcular el promedio teniendo en cuenta que este dato se obtiene empleando la relación matemática de muestreo aleatorio (Devore, 2008). Finalmente se calculó el tiempo empleado para obtener un zapato. Se debe tener en cuenta que en algunos procesos hay más de un empleado, por lo tanto la distancia que se tomó de un proceso al otro fue la más lejana.

El traslado de la materia prima al proceso de corte no se tuvo en cuenta, dado que este es realizado por el encargado de producción y se efectúa a primera hora del día, al igual que el traslado del producto final a bodega.

8.4.Desplazamientos entre los procesos

En la Figura 18 se identifican los procesos en el orden de realización para la fabricación de la familia planta y sandalia. Estas dos familias emplean los mismos procesos, teniendo en cuenta que la familia de sandalias emplea menor tiempo en su fabricación porque en algún proceso no realiza todas las actividades como la familia planta. El orden de los procesos para la familia zapatilla es descrito en la Figura 19, la cual no tiene proceso de troquelado.

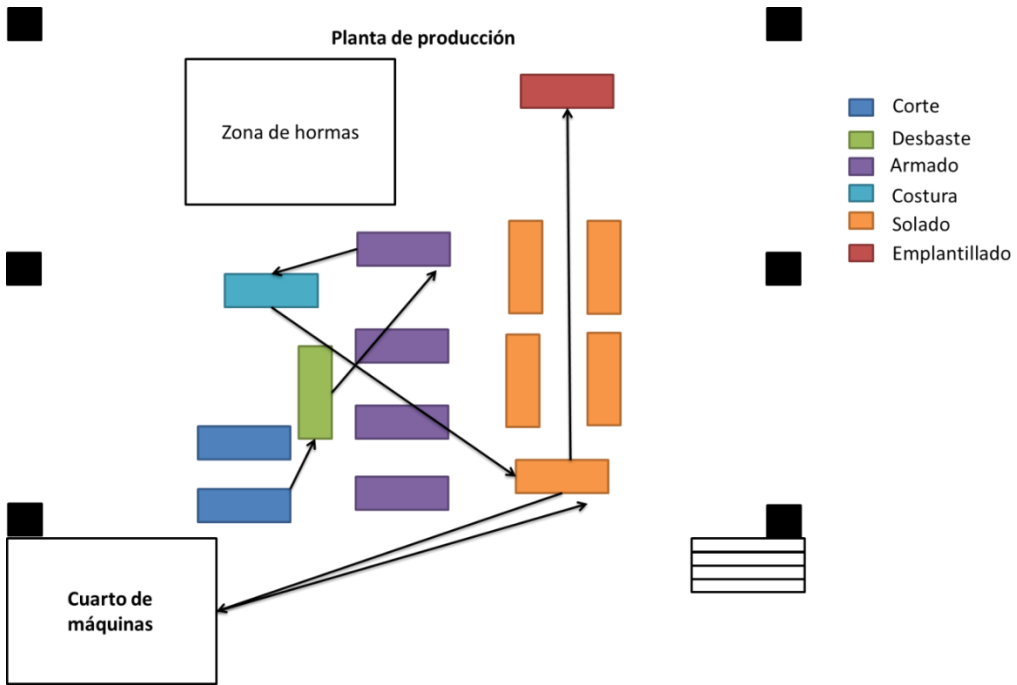


Figura 18. Secuencia de procesos para la familias planta y sandalia.

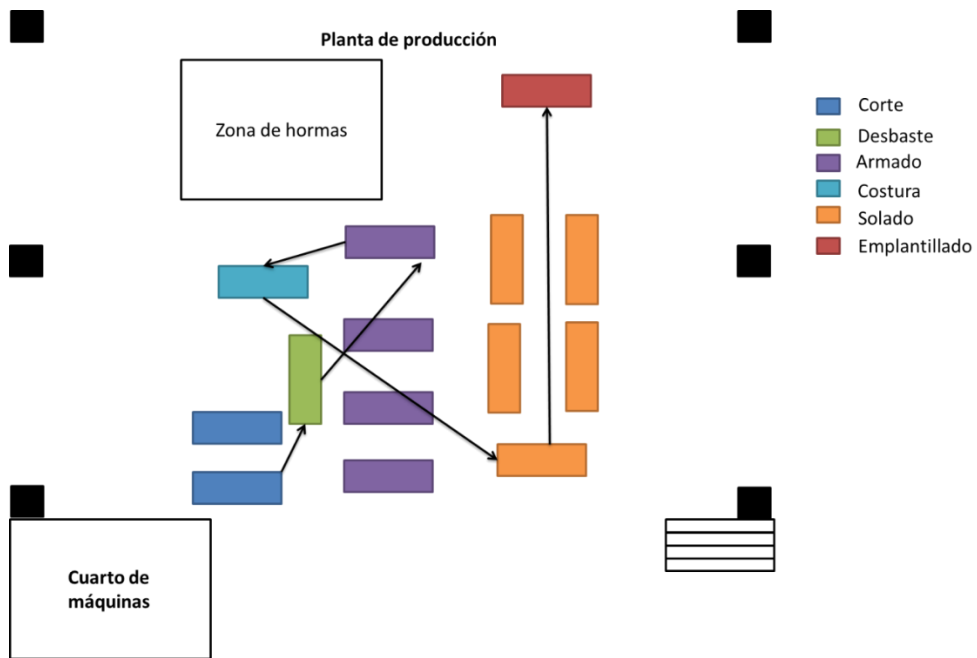


Figura 19. Secuencia de procesos para la familia zapatilla.

Con el fin de crear una relación distancia-tiempo se simplificó en la Tabla 16 y 17 estos datos con el fin de compararlos con la distribución propuesta a realizar, encontrando que se emplean 27,32segundos en desplazamientos para las familias planta y sandalias, mientras que para zapatillas 23,80segundos, esto se debe a que esta familia no presenta o transita por el proceso de troquelado.

Tabla 16.

Distancia y tiempo de desplazamientos para las familias planta y sandalia.

Proceso	Desplazamiento	Distancia (metros)	Total (segundos)																						Promedio
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Corte	Corte-desbaste	1.90	2,06	2,06	2,01	2,08	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,01	2,08	2,06	2,06	2,06	2,01	2,08	2,06	2,06	2,08	2,05681818
Desbaste	Desbaste-armado	3.20	2,74	2,7	2,72	2,72	2,72	2,74	2,7	2,72	2,74	2,7	2,74	2,7	2,72	2,72	2,72	2,74	2,7	2,72	2,72	2,74	2,7	2,72	2,72
Armado	Armado-costura	1.70	1,62	1,62	1,64	1,6	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,64	1,6	1,62	1,62	1,62	1,64	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62090909
Costura	Costura-solado	7.5	7,03	7,12	7,04	7,06	7,06	7,03	7,12	7,06	7,03	7,12	7,03	7,12	7,04	7,06	7,06	7,03	7,12	7,04	7,06	7,03	7,12	7,06	7,06545455
Solado	Solado-Troquelado	3.6	3,52	3,56	3,48	3,49	3,52	3,52	3,56	3,52	3,52	3,56	3,52	3,56	3,48	3,49	3,52	3,52	3,56	3,48	3,52	3,52	3,56	3,52	3,52272727
Troquelado	Troquelado-Montaje	3.52	3,52	3,52	3,56	3,48	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,56	3,48	3,52	3,52	3,52	3,56	3,52	3,52	3,52	3,49	3,52045455
Montaje	Montaje-emplantillado	7.20	6,82	6,82	6,8	6,85	6,82	6,82	6,82	6,82	6,82	6,82	6,82	6,82	6,8	6,85	6,82	6,82	6,82	6,8	6,82	6,82	6,82	6,8	6,81909091
			Total																						27,3254545

Fuente: autor.

Tabla 17.*Distancia y tiempo de desplazamientos para la familia zapatilla.*

Proceso	Desplazamiento	Distancia (metros)	Total (segundos)																				Promedio	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		21
Corte	Corte-desbaste	1.90	2,06	2,06	2,01	2,08	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,01	2,08	2,06	2,06	2,06	2,01	2,08	2,06	2,06	2,08	2,05681818
Desbaste	Desbaste-armado	3.20	2,74	2,7	2,72	2,72	2,72	2,74	2,7	2,72	2,74	2,7	2,74	2,7	2,72	2,72	2,72	2,74	2,7	2,72	2,72	2,74	2,7	2,72
Armado	Armado-costura	1.70	1,62	1,62	1,64	1,6	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,64	1,6	1,62	1,62	1,62	1,64	1,62	1,62	1,62	1,62090909
Costura	Costura-solado	7.5	7,03	7,12	7,04	7,06	7,06	7,03	7,12	7,06	7,03	7,12	7,03	7,12	7,04	7,06	7,06	7,03	7,12	7,04	7,06	7,03	7,12	7,06
Solado	Solado-Troquelado	3.6	3,52	3,56	3,48	3,49	3,52	3,52	3,56	3,52	3,52	3,56	3,52	3,56	3,48	3,49	3,52	3,52	3,56	3,48	3,52	3,52	3,56	3,52
Montaje	Montaje- emplantillado	7.20	6,82	6,82	6,8	6,85	6,82	6,82	6,82	6,82	6,82	6,82	6,82	6,82	6,8	6,85	6,82	6,82	6,82	6,8	6,82	6,82	6,82	6,81909091
			Total																				23,805	

Fuente: autor.

De las tres familias la que más emplea tiempo en su fabricación es la de planta con un total de 2047,87 segundos, es decir, 34.13 minutos. Este tiempo obtenido no es el tiempo estándar por lo tanto se hace necesario emplear las tablas de Westinghouse para calcularlo, al igual que para las demás familias.

8.5. Cálculo del tiempo estándar por medio de las tablas de Westinghouse

Se establecieron ocho procesos a medir, los cuales son: corte, desbaste, armado, costura, solado, troquelado, montaje, y emplantillado. Entre los operarios se encontraron hombres y mujeres a los cuales se les realizó la valoración.

Para el cálculo se siguió el siguiente procedimiento, tomando como ejemplo la familia planta.

Corte

Tabla 18.

Determinación del desempeño por medio de tabla Westinghouse para el cortador.

Factor	Clase	Categoría	Porcentaje
Habilidad	A2	Habilísimo	0.13
Esfuerzo	B1	Excelente	0.1
Condiciones	D	Medias	0
Consistencia	C	Buena	0.01
Total			0.24

La cantidad antes obtenida de la calificación se resta a 100% (porque debido a la apreciación, se valoró de esta manera el desempeño de los operarios). Entonces la calificación para esta operación es de 99.76%.

Se aplica la fórmula de tiempo normal y se calcula:

$$T_n = T_e(\text{valoración en \%})$$

Ecuación 8. Cálculo de tiempo normal.

$$T_n = 338,40(0,9976) = 337,57 \text{ segundos}$$

Ahora se calculan los suplementos que se conceden a la operación:

Hombre: 9%

Trabaja de pie: 2%

Postura anormal (inclinación): 2%

Para un total de 13% y se aplica la fórmula de tiempo estándar:

$$Tt = Tn(1 + \text{tolerancias})$$

Ecuación 9. Cálculo de tiempo estándar.

$$Tt = 337,57(1.13) = 387,82 \text{ segundos}$$

Se realizó el mismo procedimiento para determinar el desempeño de cada proceso por medio de las tablas de Westinghouse y se resumieron los resultados en las Tabla 19, 20 y 21 para las familias planta, sandalias y zapatillas respectivamente.

Tabla 19.

Determinación del desempeño para los procesos por medio de Westinghouse para la familia planta.

Proceso	Calificación de la operación (%)	Tiempo normal (segundos)	Porcentaje de suplementos	Tiempo estándar (segundos)
Corte	99,76	338,40	15	387,82
Desbaste	99,68	100,15	13	112,87
Armado	99,77	79,28	11	87,78
Costura	99,70	24,80	11	27,44
Solado	99,7	299,04	13	336,80
Troquelado	99,7	50,23	13	56,58

Montaje	99,7	814,97	13	918,14
Emplantillado	99,78	333,97	15	383,23
	Total 2.310,64			

Tabla 20.

Determinación del desempeño para los procesos por medio de Westinghouse para la familia sandalia.

Proceso	Calificación de la operación (%)	Tiempo normal (segundos)	Porcentaje de suplementos	Tiempo estándar (segundos)
Corte	99,76	307,54	15	347,2
Desbaste	99,68	100,20	13	112,87
Armado	99,77	79,27	11	87,78
Costura	99,70	24,80	11	27,44
Solado	99,7	287,43	13	323,81
Troquelado	99,7	50,22	13	56,58
Montaje	99,7	814,95	13	918,14
Emplantillado	99,78	346,20	15	397,24
	Total 2.271,06			

Tabla 21.

Determinación del desempeño para los procesos por medio de Westinghouse para la familia zapatilla.

Proceso	Calificación de la operación (%)	Tiempo normal (segundos)	Porcentaje de suplementos	Tiempo estándar (segundos)
Corte	99,76	344,00	15	387,80
Desbaste	99,68	100,19	13	112,87
Armado	99,77	79,28	11	87,78
Costura	99,70	24,80	11	27,44
Solado	99,7	240,53	13	270,56
Montaje	99,7	814,96	13	918,14
Emplantillado	99,78	346,19	15	397,24
	Total 2.201,83			

8.6.Procedimiento de planificación sistemática de la distribución (SLP) de Muther

Como se explicó en el marco teórico, la estructura para SLP emplea como base el diagrama de relaciones de actividades. La mediación de las actividades entre los departamentos es uno de los factores más importantes en la disposición de los departamentos dentro de una planta. Para evaluar

las disposiciones alternas debe establecerse una medida de flujo. Los flujos se pueden especificar de una manera cualitativa o cuantitativa. Con más frecuencia, una planta necesitará medidas cuantitativas y cualitativas de flujo y deberá emplear ambas medidas.

8.6.1. Medición cuantitativa del flujo

Una vez definidos los procesos de producción para las diferentes familias, se procedió a hacer la medición cuantitativa del flujo, debido a que la empresa no tiene establecida su capacidad de producción, ni tienen definido las piezas producidas por hora o día, sino por el contrario trabajan sobre pedido, se realiza una tabla de relación de procesos y porcentajes de participación. Los porcentajes de participación para cada familia fueron dados por la gerencia, la cual definió estos según porcentajes de ventas y conocimientos empíricos que tienen de su producción.

Los procesos de producción se enumeran de la siguiente forma para la comprensión de la tabla de relación de procesos:

- | | | |
|-------------|---------------|------------------|
| 1. Corte | 4. Costura | 7. Montaje |
| 2. Desbaste | 5. Solado | 8. Emplantillado |
| 3. Armado. | 6. Troquelado | |

Una vez definidos los procesos de producción; según su secuencia, se continúa con la especificación de los porcentajes de participación de cada familia de zapatos, según gerencia.

Tabla 22.*Relación de procesos y porcentaje de participación de las diferentes familias.*

Tipo de Familia	Porcentaje de participación	Procesos ejecutados
Familia planta	59%	1-2-3-4-5-6-7-8
Familia sandalias	21%	1-2-3-4-5-6-7-8
Familia zapatillas	20%	1-2-3-4-5-7-8

Con la información anterior de la Tabla 22 se define la matriz origen-destino Tabla 23:

Tabla 23.*Diagrama origen-destino.*

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		100						
2			100					
3				100				
4					100			
5						80	20	
6							80	
7								100
8								

De lo anterior se puede concluir que todos los procesos tienen un gran porcentaje de presentación en el proceso de producción, a excepción de procesos como son los que van que son necesarios para la realización de las tres familias de calzado, por otro lado los procesos 5-6 (solado-troquelado) y 6-7 (troquelado-montaje) son los que registran menor participación con un 80%, aunque el menor de todos son los procesos 5-7 (solado-montaje). Esto da un indicio sobre la reubicación estratégica en un lugar que no obstruya el paso continuo de las otras familias de productos.

Los flujos se miden de manera cuantitativa en términos de los porcentajes de participación entre los departamentos, como se realizó en la matriz de origen- destino y son representados de igual forma en una tabla triangular, para este caso una tabla de relación de procesos y porcentajes de participación triangular (Figura 20).

Entrega de tareas	1									
Corte	1	0								
Desbaste	1	0	0							
Armado	1	0	0	0						
Costura	1	0	0	0	0					
Solado	1	0	0	0	0	0				
Troquelado	8	2	0	0	0	0	0			
Montaje	8	0	0	0	0	0	0	0		
Emplantillado	1	0								
Llevar a bodega	1									

Figura 20. Relación de procesos y porcentajes de participación triangular.

Los porcentajes de participación en la Figura 20 se representaron omitiendo los ceros, es decir, 100%, 80% y 20% se representaron como 1, 8 y 2, respectivamente.

El orden del flujo obtenido indica que los procesos deben estar cerca el uno del otro, proponiendo trayectorias de flujo en línea recta o en forma de U. Se debe tener en cuenta que una familia que no hace uso de un proceso pero esta tiene un porcentaje de participación del 20% mientras las otras un 80%.

8.6.2. Medición cualitativa del flujo

Los flujos se miden de manera cualitativa con los valores de cercanía de la relación desarrollados por Muther y presentados a continuación.

Para realizar diagrama de relación de actividades se trabajará con cinco niveles:

A: absolutamente necesaria

O: ordinario

E: especialmente importante

U: no importante

I: importante

$$Rango = \frac{100 - 20}{5} = 16$$

Ecuación 10. Cálculo del rango para la matriz de actividades.

Por lo tanto los niveles quedan distribuidos de la siguiente manera:

A: 100-84; **E:** 84-68; **I:** 68-52; **O:** 52-36; **U:** 36-20

El diagrama de relación de actividades consiste en distribuir los departamentos en el espacio disponible, dando prioridad a las relaciones más fuertes. Cabe resaltar que este método es cualitativo y por lo tanto es modificado de acuerdo a la perspectiva del autor. En la figura 21 se muestra la distribución en U que sería la ideal para los diferentes procesos que van en serie.

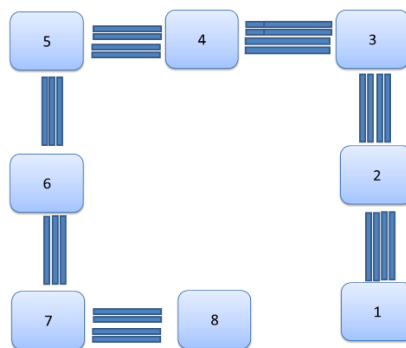


Figura 21. Diagrama de relaciones.

Para complementar la distribución de relación de actividades se describe la relación correspondiente entre los departamentos en la Figura 22, indicando los niveles de cercanía.

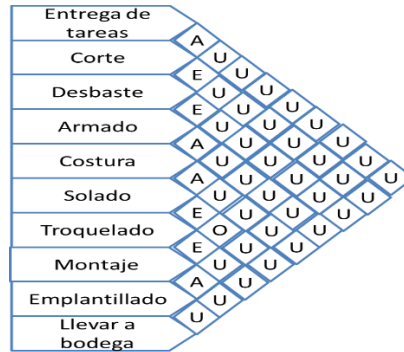


Figura 22. Tabla de relación actividades triangular cualitativa.

El flujo de los materiales es un aspecto importante a tener en cuenta en la distribución, lo que es la llegada del material y su salida ya que la empresa se encuentra distribuida en dos pisos, así mismo se debe tener en cuenta que la familia de zapatilla no emplea el proceso de troquelado pero no puede ser alejado totalmente porque es de suma importancia para las otras dos familias, es por esto que en la matriz de relación de actividades se clasificó como procesos ordinario.

Analizando la matriz de relación de actividades se puede inferir que el proceso debería ir en serie. Se debe tener en cuenta que la conversión de un diagrama de relaciones en varias alternativas de distribución factibles no es un proceso mecánico; la intuición, el razonamiento y la experiencia son factores determinantes en el proceso.

9. Alternativas de distribución de planta

Se han creado gran variedad de procedimientos para el mejoramiento de distribuciones de planta, uno de ellos es la planificación sistemática de la distribución (SLP), la cual consta de un diagrama de relaciones de actividades como se realizó en el capítulo anterior.

Para el desarrollo del presente proyecto se planteó la implementación de un algoritmo de distribución para el mejoramiento como lo es CRAFT, el cual comienza con una distribución inicial (actual de la planta) y emplea la tabla desde-hacia como datos originales para el flujo. El costo de la distribución se mide con base en la distancia. CRAFT determina primero los centroides de los departamentos en la distribución inicial y luego calcula la distancia rectilínea entre los centroides de pares de departamentos, llamándose estos costos unitarios. El costo total de la distribución inicial se calcula al multiplicar cada concepto de la tabla desde-hacia por cada costo unitario.

Después, CRAFT considera todos los intercambios de departamentos en dos sentidos o en tres sentidos e identifica el mejor intercambio, es decir el que produce la reducción más grande en el costo de la distribución. Cabe recalcar que CRAFT propone intercambiar dos departamentos, en vez de examinar todos los intercambios posibles y solo intercambia los departamentos adyacentes o del mismo tamaño sin alterar los otros departamentos de la distribución (White & Bozer, 2012).

La empresa Calzado Beatriz de Vargas cuenta con los siguientes procesos o departamentos como se muestran en la Tabla 24. Además se adjunta el área de cada proceso, recordando que el área de trabajo es de 141 m². Para hacer la distribución se asume que cada cuadro mide 3 m². Como el

espacio total requerido es menor que el espacio total se crea un departamento ficticio que abarca el área restante.

Tabla 24.

Datos de procesos y tabla desde-hacia.

Departamento	Área (m ²)	# de cuadros	1	2	3	4	5	6
Corte	12	4	0	100	0	0	0	0
Desbaste	6	2	0	0	100	0	0	0
Armado	24	8	0	0	0	100	0	0
Costura	6	2	0	0	0	0	100	0
Solado	30	10	0	0	0	0	0	100
Emplantillado	6	2	0	0	0	0	0	0
Ficticio	57	19	0	0	0	0	0	0

Fuente: autor.

Ahora se calcula el centroide de cada departamento como se muestra en la Figura 23. En la cual se entiende por departamento A el proceso de corte, B desbaste, C armado, D costura, E solado, F emplantillado y G es un área ficticia la cual debe existir para completar el área total.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	G	G	G	F	F	G	G	G
2	G	G	G	G	G	E	E	G
3	G	D	B	C	C	E	E	G
4	G	D	B	C	C	E	E	G
5	G	A	A	C	C	E	E	G
6	G	A	A	C	C	E	E	G

Figura 23. Distribución inicial de CRAFT y los centroides de los departamentos.

El costo total de la distribución inicial es de 1950 unidades.

Según CRAFT los departamentos adyacentes y de similar área serían armado y solado, los cuales se intercambian Figura 24.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	G	G	G	F	F	G	G	G
2	G	G	G	G	G	E	E	G
3	G	D	B	E	E	E	E	G
4	G	D	B	E	E	E	E	G
5	G	A	A	C	C	C	C	G
6	G	A	A	C	C	C	C	G

Figura 24. Distribución intermedia de CRAFT.

Luego de intercambiar los departamentos y realizar el respectivo cálculo se obtiene que el costo total de la distribución es de 1950 unidades, es decir no se vio afectado con respecto al inicial por lo cual se propone un tercer movimiento de los departamentos de armado y corte, Figura 25.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	G	G	G	F	F	G	G	G
2	G	G	G	G	G	E	E	G
3	G	D	B	A	A	E	E	G
4	G	D	B	A	A	E	E	G
5	G	C	C	C	C	E	E	G
6	G	C	C	C	C	E	E	G

Figura 25. Distribución final de CRAFT.

Finalmente para esta distribución final el costo es de 1750 unidades, lo que sería el más aconsejable y nos da una idea que el proceso de armado debe estar más cerca de costura que es el proceso posterior.

Como se observa CRAFT tiene limitaciones como la que sólo permite mover departamentos adyacentes. Teniendo en cuenta la planificación sistemática de la distribución de Mutler, la cual arroja una distribución en serie y los conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería industrial se propone otro modelo de distribución de planta que permita disminuir los tiempos de producción por desplazamientos y aumentar la capacidad de producción, Figuras 26 y Figura 27.

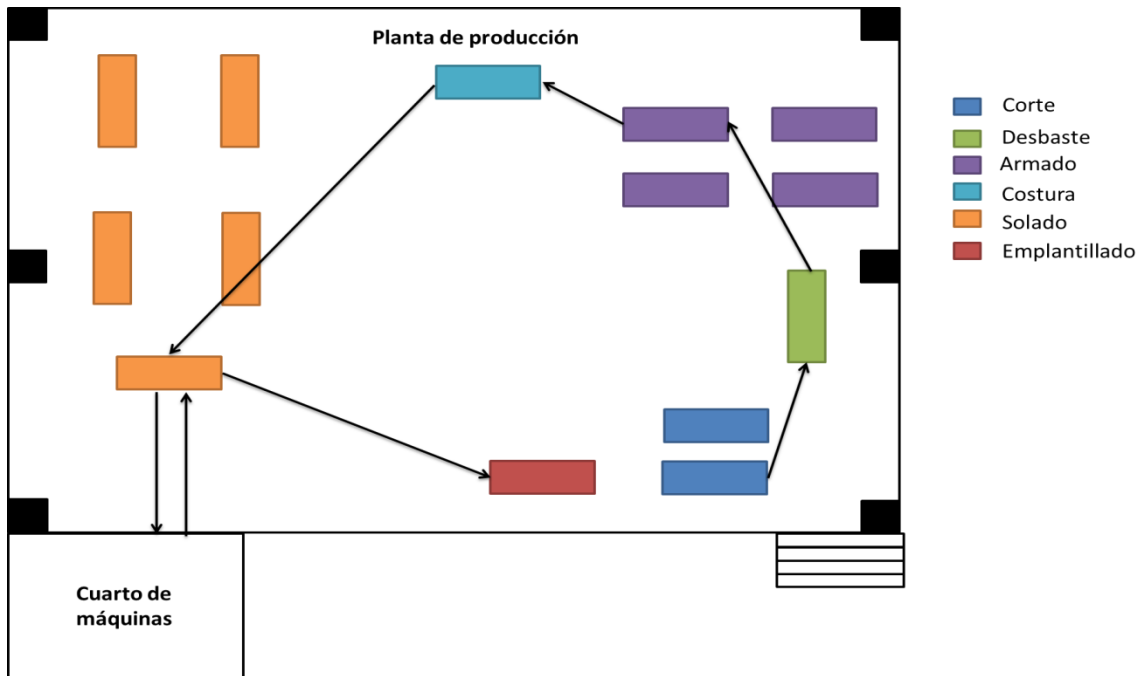


Figura 26. Distribucion de planta propuesta para la familia planta y sandalia.

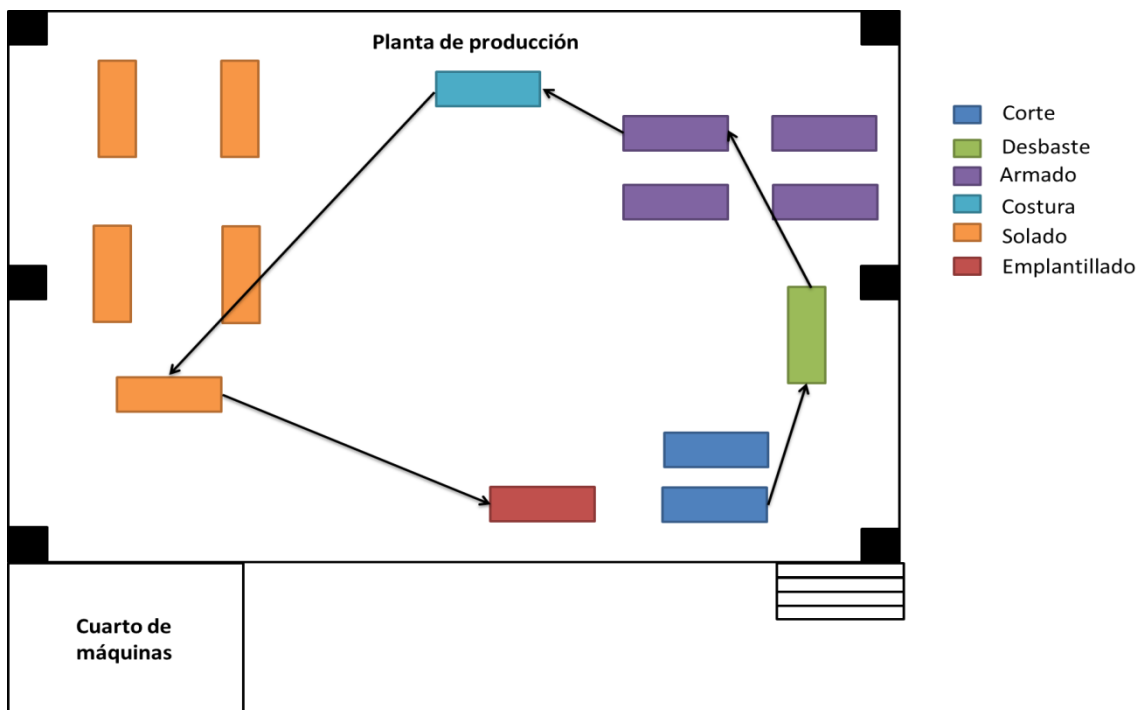


Figura 27. Distribucion de planta propuesta para la familia zapatilla.

La distribución propuesta surge de tener en cuenta aspectos como que la planta se encuentra en un segundo piso y el primer proceso de corte debe estar cerca para recibir el material, al igual que el proceso de emplantillado para enviar los productos a bodega. Se ubicaron los procesos en serie y solado cerca al cuarto de máquinas que es donde se realiza el proceso de troquelado para las familias planta y sandalia, disminuyendo el tiempo empleado en recorrer distancias.

Realizando la distribución según CRAFT, se obtendría la distribución de la Figura 28,

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	G	G	D	C	C	C	C	G
2	G	G	D	C	C	C	C	G
3	G	G	E	E	E	E	B	G
4	G	G	E	E	E	E	B	G
5	G	G	G	E	E	A	A	G
6	G	G	G	F	F	A	A	G

Figura 28. Distribución de CRAFT para la propuesta por el autor.

Obteniendo un costo total de distribución de 1500 unidades, relativamente menor al anterior de 1750 unidades.

10. Análisis por medio del software ARENA

Con el fin de encontrar una manera de demostrar que la nueva redistribución de planta es efectiva y contribuye en el aumento de la capacidad de producción se hace necesaria la implementación del *software Arena 14.50*. El *software* permite verificar si la capacidad calculada es correcta al simular los procesos de las diferentes familias y es una herramienta para demostrar la eficiencia de la redistribución de planta a proponer. Para realizar la simulación se tuvieron en cuenta los datos obtenidos y recopilados en las Tablas 13 a 15, mediante un estudio de tiempos de procesos y ajustados según las tablas de *Westinghouse*, dichas distribuciones fueron obtenidas satisfactoriamente por la ejecución de la herramienta *input analyzer* perteneciente al paquete del *software arena*.

Descripciones a tener en cuenta para la programación:

- Es un proceso de producción de seis estaciones (corte, desbaste, armado, costura, solado y emplantillado).
- Los trabajos llegan a la estación de corte con media de 20 minutos.
- Siempre hay materia prima disponible.
- Los tiempos de los procesos son constantes.
- Una vez se completa el primer proceso pasa por una inspección donde se estipula que según el proceso los trabajos fallan expresado en porcentajes de la siguiente manera:

Corte: 1%

Costura: 2%

Desbaste: 1%

Solado: 2%

- Los trabajos que fallan vuelven atrás para ser nuevamente trabajados (reprocesados).
- Los trabajos que pasan la prueba de inspección siguen el proceso.
- Se simula el programa por 288 días (días del año menos los domingos, contando meses de 28 días), teniendo en cuenta que sólo se trabajan 8 horas diarias, se simuló por un total de 2304 horas.
- El programa permite estimar los tiempos medios de espera, tiempos de peso medio y demás factores que se requieran con funciones especializadas. Se analizaran los más relevantes aunque en este caso sólo es de interés las unidades producidas al año y confirmar la capacidad de producción de la empresa.

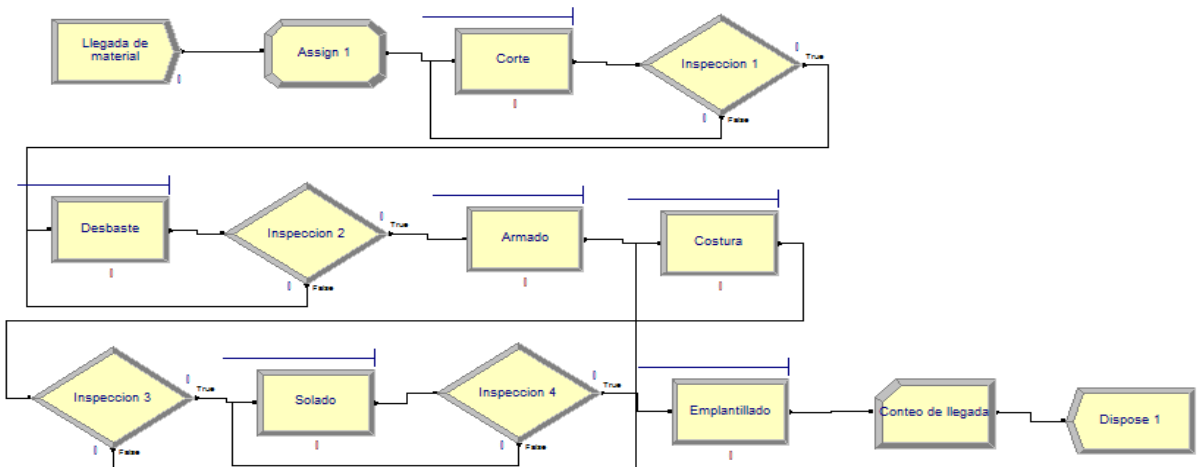


Figura 29.Esquema del proceso productivo de la familia planta en el software arena.

El software arena arroja diferentes reportes uno de ellos es el resumen general o *category overview*, este contiene toda la información de entidades, recursos, procesos, transferencias, entre otras. La información se muestra de forma numérica y grafica; así mismo, se visualizan los promedios y las desviaciones de los diferentes tiempos suministrados (Anexo 4).

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units : Hours

Key Performance Indicators

System

Number Out

Average

6,905

Figura 30. Resumen general o *category overview* del proceso para la familia planta.

Una de las funciones especializadas y de mayor interés es la del conteo de llegadas, el software demuestra que al año según las condiciones antes ya estipuladas se obtendrían 6905 unidades de zapatos planta. Con respecto a la capacidad calculada por medio del balanceo de línea se obtuvieron 6912 unidades de zapatos planta, lo cual son muy cercanas y la diferencia de 7 unidades puede deberse por la exactitud de las operaciones con los decimales del software.

Otra de los resultados arrojados son las entidades o *Entities* como se observa en la Figura 31.

1:57:57p.m.		Entities		agosto 27, 2014	
Unnamed Project			Replications: 1		
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	150.240,00
		Time Units: Minutes			
Entity Detail Summary					
Time					
	NVA Time	Other Time	Total Time	Transfer Time	VA Time
Entity 1	0.00	0.00	17.72	0.00	14.74
Total	0.00	0.00	17.72	0.00	14.74
Other					
	Number In	Number Out			
Entity 1	37,551	37,556			
Total	37,551	37,556			

Unnamed Project		Replications: 1			
Replication 1	Start Time:	0.00	Stop Time:	2.304,00	Time Units: Hours
Entity Detail Summary					
Time					
	NVA Time	Other Time	Total Time	Transfer Time	VA Time
Entity 1	0.00	0.00	6.83	0.00	0.58
Total	0.00	0.00	6.83	0.00	0.58
Other					
	Number In	Number Out			
Entity 1	6,976	6,905			
Total	6,976	6,905			

Figura 31. Entities del proceso.

En la Figura 31 se observa el tiempo de valor agregado o *VA Time*, es decir el tiempo total que demoran los empleados en realizar un par de zapatos, además aparece un *Total Time* (tiempo total en el sistema), la diferencia de estos tiempos se debe a que aunque el tiempo del proceso ya se encuentra estandarizado hay procesos más lentos y otros más rápidos lo que en algún momento genera espera del material de un proceso al otro. El programa muestra en más detalle estos resultados en la Figura 32:

Unnamed Project		Replications: 1					
Replication 1		Start Time:	0.00	Stop Time:	2.304,00	Time Units:	Hours
Entity 1							
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Total Time	6.8343	1,28172	0.5720	40.6023			
Wait Time	6.2543	1,28168	0.00	39.7070			
VA Time	0.5799	0,000959003	0.5720	1.2187			
Transfer Time	0.00	0,000000000	0.00	0.00			
Other Time	0.00	0,000000000	0.00	0.00			
NVA Time	0.00	0,000000000	0.00	0.00			
Other	Value						
Number In	6,976						
Number Out	6,905						
WIP	20.8484	(Correlated)	0.00	76.0000			

Figura 32. Entities del proceso detallada.

En la Figura 32 se observan los reportes o entidades más detalladas añadiendo el intervalo de confianza de los tiempos, los máximos y mínimos. Otros factores añadidos son las entidades de entrada y salida (*Number in and Number out*), estas son diferentes dado que el programa tiene el suficiente material y empieza a correr pero en el momento en que para por el tiempo establecido quedan elementos a mitad de camino es decir en algún proceso, en la simulación quedaron en proceso o a mitad de fabricación 75 zapatos. También aparece la abreviatura WIP o *work in process* (trabajo en proceso) o también llamado número de entidades en el sistema, que es la que me calcula la diferencia entre las entidades de entrada y salientes.

En los anexos 5 se encuentran otros resultados arrojados por el programa como los recursos y colas que detallan específicamente datos estadísticos de los procesos como la media, intervalo de confianza, número de unidades de recurso ocupadas, número de unidades programadas y la

utilización que tienen más importancia cuando un proceso recibe más de una unidades a la vez pero este no es el caso mientras que colas o queues muestra la recolección estadística de tiempo y número de entidades para todas las esperas registradas del modelo, estos datos son de interés ya que permite saber cuáles son las demoras en el proceso dado que las colas son tiempos de esperas que al solucionarse pueden aumentar la capacidad de producción.

De igual forma se simuló para la familia sandalia y zapatilla como se muestra en la Figura 33 y Figura 34.



Figura 33.Resumen general o *category overview* del proceso para la familia sandalia.



Figura 34.Resumen general o *category overview* del proceso para la familia zapatilla.

Con el fin de realizar la simulación en el software arena para las alternativas de distribución y encontrar el modelo de distribución que permita disminuir los tiempos de producción se hace necesario obtener las distancias y tiempos empleados para los demás modelos.

Tabla 25.

Tiempos y desplazamientos para los diferentes modelos de distribución.

Modelos		Inicial		CRAFT		Autor	
Proceso	Desplazamiento	Distancia (metros)	Tiempo (seg)	Distancia (metros)	Tiempo (seg)	Distancia (metros)	Tiempo (seg)
Corte	Corte-desbaste	1,9	2,056	1,14	1,2336	1,90	2,056
Desbaste	Desbaste-armado	3,2	2,72	3,2	2,72	3,84	3,26
Armado	Armado-costura	1,7	1,62	1,7	1,62	1,21	1,15
Costura	Costura-solado	7,5	7,062	7,5	7,062	5,98	5,64
Solado	Solado-Troquelado	3,6	3,514	3,6	3,514	2,75	2,68
Troquelado	Troquelado-Montaje	3,6	3,514	3,6	3,514	2,75	2,68
Montaje	Montaje-emplantillado	7,2	6,82	7,2	6,82	2,88	2,72
Total		28,7	27,306	27,94	26,4836	19,41	20,186

Fuente: autor.

Luego de simular se obtienen los siguientes datos para la distribución según CRAFT.



Figura 35. Resumen general o *category overview* del proceso para la familia planta con la distribución según CRAFT.

El aumento en la capacidad de producción anual es de tan solo 9 unidades, es decir que no genera un impacto grande para la empresa. Se procedió a simular la distribución propuesta por el autor obteniendo los siguientes resultados.



Figura 36. Resumen general o *category overview* del proceso para la familia planta con la distribución según el autor.

Según la simulación se obtiene una capacidad anual de 7502 lo cual es rentable para la empresa aumentar su producción en 597 unidades o 298 pares de zapatos anuales solo por restablecer los puestos de trabajo. Por lo tanto se aconseja realizar la distribución de planta propuesta por el autor y se debe tener en cuenta que la nueva distribución de planta posee la capacidad de instalar más puestos de trabajo para contratar personal en temporada alta y aumentar la producción de ser necesario. De igual forma, se muestran las simulaciones para las familias sandalia y zapatilla.



Figura 37. Resumen general o *category overview* del proceso para la familia sandalia con la distribución según CRAFT.



Figura 38. Resumen general o *category overview* del proceso para la familia sandalia con la distribución según el autor.



Figura 39. Resumen general o *category overview* del proceso para la familia zapatilla con la distribución según CRAFT.



Figura 40. Resumen general o *category overview* del proceso para la familia planta con la distribución según el autor.

Conclusiones

- Se determinó la capacidad de producción por medio del software arena y empleando los datos de tiempos para las familias planta, sandalia y zapatilla obteniendo una capacidad de 6.905, 6.873 y 6.919 unidades de zapatos respectivamente
- Se propusieron dos alternativas de distribución, una basada en el método de CRAFT y otra por criterio del autor basado en la metodología SLP.
- Las propuestas de distribución de planta según CRAFT y el autor permitieron disminuir los tiempos de desplazamiento en un 3,01% y un 26,07% respectivamente.
- Se simularon las dos nuevas propuestas de distribución por medio del software arena obteniendo capacidades de producción anual de 6.914 para el método por medio de CRAFT y 7.502 unidades para la distribución propuesta por el autor para la familia planta, obteniendo un total de 597 unidades más anuales si se empleara el método de distribución del autor, siendo el aconsejado para mejorar la capacidad sin incurrir en gastos y obteniendo espacio para reubicación de lugares de trabajo de ser necesario. La simulación de las propuestas de distribución se simularon de igual forma para las familias sandalias y zapatillas.

Bibliografía

- Abril, C. (2010). *Diseño del plan exportador para la comercialización de gránulos de tereftalato de polietileno (PET) para la empresa PRETECOL S.A.* Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Aguirre, G. (2011). *Propuesta de distribución de la planta para la fabrica de calzado Rosana.* Veracruz: Universidad de Veracruzana.
- Apple, J. (1963). *Plant Layout and Materials Handling.* Estados Unidos: The Ronald press company.
- Arango, M., Zapata, C., & Pemberthy, J. (2012). *Reestructuración del layout de la zona de picking en una bodega industrial.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Beltran, J., Manjares, G., Redondo, C., & Ortiz, O. (2011). *núcleo integrador basado en la productividad con la implementación de la simulación de procesos productivos del edificio k ubicado en la Universidad Pontificia Bolivariana.* Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Cardozo, D. (2006). *Localización y distribución de planta de la empresa pretecor LTDA.* Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Chase, J. (2003). *Administración de producción y operaciones.* California: Mc Graw Hill.
- Chase, R., Aquilano, F., & Jacobs, N. (2000). *Administración de producción y operaciones.* Mc Graw Hill.

- Delgado, c., & Torres, J. (2012). *Análisis y caracterización del subsector calzado en el área metropolitana de Bucaramanga*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Dileep, R. (2001). *Instalaciones de Manufactura, Ubicación, Planeación y Diseño*. México.
- Grant, W. (1996). *Planeamiento de fábricas*. España: Hispano Europea.
- Jacome, D. (2013). *Elaboración de un modelo de simulación de la ruta T3 del sistema de transporte integrado masivo del metrolínea en la ciudad de Bucaramanga utilizando el paquete computarizado arena* . Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Kelton, W., Sadowski, R., & Sturrock, D. (2008). *Simulación con Software arena*. México: McGraw Hill.
- Laguado, J., & Rubio, F. (2009). *Análisis de la capacidad y propuesta de distribución para la planta 2 de industrias PARTMO S.A*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Muther, R. (1973). *Systematic layout planning*. Boston: Cahners books.
- Muther, R. (1981). *Distribución en planta*. Boston: Cahners books.
- Muther, R. (1981). *Distribución en planta*. Barcelona: Barcelona hispano europeo.
- Muther, R. (1981). *Razones para la distribución en planta*. Barcelona: Hispano Europea.
- Rangel, L. (2012). *La implementación de metodología para el control de flujo de materiales, redistribución de planta y adecuación de un área de almacenamiento temporal, para incrementar la productividad en la función producción de la empresa calzado INCA*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.

Ruddell, R. (2001). *Localización, Distribución de planta y mantenimiento de planta*. Argentina: El Ateneo.

Sierra, J. (05 de Febrero de 2014). *El Colombiano*. Recuperado el Febrero de 2015, de http://www.elcolombiano.com/mercado_de_calzado_en_colombia_mueve_32_billones_de_pesos-LWEC_280847

Suarez, C., & Mantilla, A. (2012). *Planeación estratégica para la empresa de calzado Keyla shoes de Bucaramanga*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Vargas, C. B. (2008). Recuperado el 26 de Junio de 2014, de www.calzadobyv.com

White, T., & Bozer, I. (2012). *Planeación de instalaciones*. Cengage learning.

Anexos

Anexo 1. Diagrama de procesos y promedio de tiempos de la familia planta (documento Excel adjunto).

Anexo 2. Diagrama de procesos y promedio de tiempos de la familia sandalia (documento Excel adjunto).

Anexo 3. Diagrama de procesos y promedio de tiempos de la familia zapatilla (documento Excel adjunto).

Anexo 4. Category overview (arena).

6:19:38p.m.

Category Overview

febrero 28, 2015

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units : Hours

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	6,905

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Hours

Entity**Time**

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.5799	0.000959003	0.5720	1.2187
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	6.2543	1.28168	0.00	39.7070
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	6.8343	1.28172	0.5720	40.6023

Other

Number In	Value
Entity 1	6976.00
Number Out	Value

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Armado.Queue	0.00	0,00000000	0.00	0.00
Corte.Queue	0.01939336	0,001743584	0.00	0.4377
Costura.Queue	0.00	0,00000000	0.00	0.00
Desbaste.Queue	0.00	0,00000000	0.00	0.00
Emplantillado.Queue	0.00	0,00000000	0.00	0.00
Solado.Queue	6.1242	(Correlated)	0.00	20.7915

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Armado.Queue	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
Corte.Queue	0.05936692	0,006852957	0.00	5.0000
Costura.Queue	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
Desbaste.Queue	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
Emplantillado.Queue	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
Solado.Queue	19.0455	(Correlated)	0.00	74.0000

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Hours

Resource

Usage

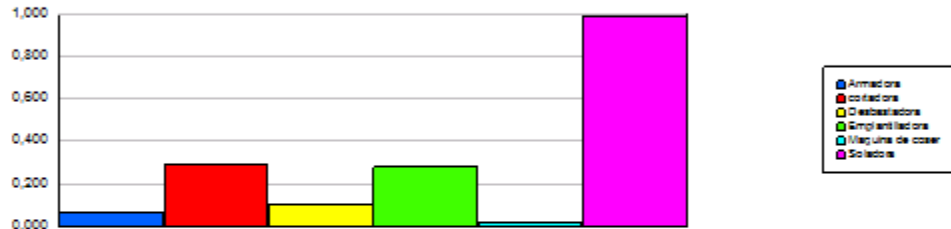
Instantaneous Utilization				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Armadora	0.06661111	0.001640631	0.00	1.0000
cortadora	0.2872	0.007062450	0.00	1.0000
Desbastadora	0.1021	0.002509553	0.00	1.0000
Emplantilladora	0.2777	0.002376511	0.00	1.0000
Maquina de coser	0.02113469	0.000534231	0.00	1.0000
Soladora	0.9887	(insufficient)	0.00	1.0000
Number Busy				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Armadora	0.06661111	0.001640631	0.00	1.0000
cortadora	0.2872	0.007062450	0.00	1.0000
Desbastadora	0.1021	0.002509553	0.00	1.0000
Emplantilladora	0.2777	0.002376511	0.00	1.0000
Maquina de coser	0.02113469	0.000534231	0.00	1.0000
Soladora	0.9887	(insufficient)	0.00	1.0000
Number Scheduled				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Armadora	1.0000	(insufficient)	1.0000	1.0000
cortadora	1.0000	(insufficient)	1.0000	1.0000
Desbastadora	1.0000	(insufficient)	1.0000	1.0000
Emplantilladora	1.0000	(insufficient)	1.0000	1.0000
Maquina de coser	1.0000	(insufficient)	1.0000	1.0000
Soladora	1.0000	(insufficient)	1.0000	1.0000

Resource

Usage

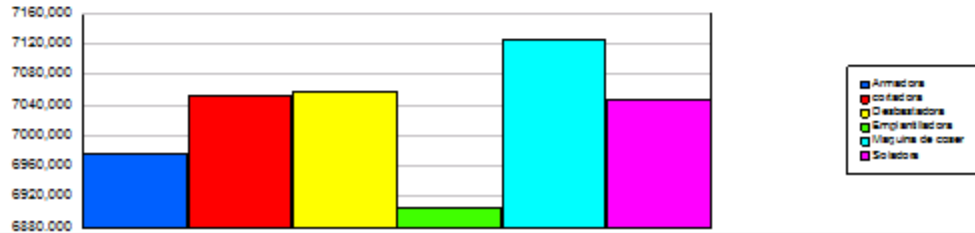
Scheduled Utilization

	Value
Armadora	0.06661111
cortadora	0.2672
Desbastadora	0.1021
Emplantilladora	0.2777
Maquina de coser	0.02113469
Soladora	0.9887



Total Number Seized

	Value
Armadora	6976.00
cortadora	7053.00
Desbastadora	7058.00
Emplantilladora	6906.00
Maquina de coser	7126.00
Soladora	7046.00



6:33:00p.m.

Category Overview

febrero 28, 2015

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Hours

User Specified

Tally

Interval	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Conteo de llegada	6.8343	1.28172	0.5720	40.6023

Anexo 5. Queues y Resources (arena).

6:40:03p.m.

Queues

febrero 28, 2015

Unnamed Project

Replications: 1

Replication 1

Start Time: 0,00 Stop Time: 2.304,00 Time Units: Hours

Queue Detail Summary

Time

	<u>Waiting Time</u>
Armado.Queue	0.00
Corte.Queue	0.02
Costura.Queue	0.00
Desbaste.Queue	0.00
Emplantillado.Queue	0.00
Solado.Queue	6.12

Other

	<u>Number Waiting</u>
Armado.Queue	0.00
Corte.Queue	0.06
Costura.Queue	0.00
Desbaste.Queue	0.00
Emplantillado.Queue	0.00
Solado.Queue	19.05

Unnamed Project

Replications: 1

Replication 1

Start Time: 0,00 Stop Time: 2.304,00 Time Units: Hours

Queue Detail Summary
Time

	<u>Waiting Time</u>
Armado.Queue	0.00
Corte.Queue	0.02
Costura.Queue	0.00
Desbaste.Queue	0.00
Emplantillado.Queue	0.00
Solado.Queue	6.12

Other

	<u>Number Waiting</u>
Armado.Queue	0.00
Corte.Queue	0.06
Costura.Queue	0.00
Desbaste.Queue	0.00
Emplantillado.Queue	0.00
Solado.Queue	19.05

Unnamed Project

Replications: 1

Replication 1

Start Time: 0,00 Stop Time: 2.304,00 Time Units: Hours

Resource Detail Summary
Usage

	<u>Inst Util</u>	<u>Num Busy</u>	<u>Num Sched</u>	<u>Num Seized</u>	<u>Sched Util</u>
Armadora	0,07	0,07	1,00	6.976,00	0,07
cortadora	0,29	0,29	1,00	7.053,00	0,29
Desbastadora	0,10	0,10	1,00	7.058,00	0,10
Emplantillador	0,28	0,28	1,00	6.906,00	0,28
Maquina de	0,02	0,02	1,00	7.126,00	0,02
Soladora	0,99	0,99	1,00	7.046,00	0,99

