



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

**DISEÑO DE PLANTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE CALZADO DEPORTIVO EN LA EMPRESA PANAMUS**

Trabajo de Integración Curricular Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado
previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

ÁREA: Producción y operaciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, material y producción.

AUTOR: Ortega Lescano Jonathan Patricio

TUTOR: Ing. Daysi Ortiz Guerrero Mg.

Ambato - Ecuador

marzo – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular con el tema: DISEÑO DE PLANTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CALZADO DEPORTIVO EN LA EMPRESA PANAMUS, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Jonathan Patricio Ortega Lescano estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 de las segundas reformas al Reglamento para la ejecución de la Unidad de Integración Curricular y la obtención del título de tercer nivel, de grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 7.4 del respectivo instructivo del reglamento.

Ambato, marzo 2023.

Ing. Daysi Ortiz Guerrero Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de Integración Curricular titulado: DISEÑO DE PLANTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CALZADO DEPORTIVO EN LA EMPRESA PANAMUS es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, marzo 2023.



Jonathan Patricio Ortega Lescano
C.C. 1803609674
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Integración Curricular como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Integración Curricular en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, marzo 2023.



Jonathan Patricio Ortega Lescano

C.C. 1803609674

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Integración Curricular presentado por el señor Jonathan Patricio, Ortega Lescano estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado **DISEÑO DE PLANTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CALZADO DEPORTIVO EN LA EMPRESA PANAMUS**, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 de las segundas reformas al Reglamento para la ejecución de la Unidad de Integración Curricular y la obtención del título de tercer nivel, de grado en la Universidad Técnica de Ambato y al numeral 7.6 del respectivo instructivo del reglamento. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora presidente del Tribunal.

Ambato, marzo 2023.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Israel Naranjo, Mg
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Sandra Carrillo, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres William Ortega y Sheyla Lescano por apoyarme y enseñarme ser una persona dedicada a mejorar en la vida.

A mi novia Melina por motivarme y ser el motivo por el cual deseo seguir adelante y mejorar cada vez más.

A mis hermanas Diana y María Paula quienes han estado presente para aconsejarme y apoyarme.

Jonathan Patricio Ortega Lescano

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la sabiduría y oportunidades para seguir avanzando con la vida.

A mis padres por el cariño y sabiduría que me han entregado con el ejemplo de disciplina y constancia para alcanzar una meta más en mi vida.

A mi tutora Ing. Daysi Ortiz por guiarme con su conocimiento y paciencia para culminar de manera correcta este proyecto.

A la Empresa Panamus, por darme la oportunidad y confianza de realizar el proyecto de investigación en sus instalaciones.

Jonathan Patricio Ortega Lescano

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

AUTORÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
DERECHOS DE AUTOR	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	17
1.1. Tema de investigación	17
1.2. Planteamiento del problema	17
1.3. Delimitación	20
1.4. Antecedentes investigativos	20
1.5. Fundamentación teórica.....	24
1.5.1. Análisis ABC	24
1.5.2. Grafos para la representación de procesos.....	24
1.5.3. Cursograma sinóptico	26
1.5.4. Estudio de tiempos.....	26
1.5.5. Selección de la operación	27
1.5.6. Selección del operador.....	28
1.5.7. Distribución de planta.....	34
1.5.8. Análisis Carga-Distancia	42
1.5.9. Método de Guerchet.....	42
1.5.10. Proceso Analítico Jerárquico	45
1.5.11. Expert Choice	48
1.5.12. Simulación de Eventos Discretos	48
1.5.13. Flexsim.....	49

1.6.	Objetivos.....	50
1.6.1.	Objetivo general.....	50
1.6.2.	Objetivos específicos	50
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....		51
2.1.	Materiales	51
2.2.	Métodos	52
2.3.	Modalidad de investigación.....	52
2.3.1.	Investigación de campo	52
2.3.2.	Investigación de bibliográfica – documental.....	53
2.4.	Población y muestra.....	53
2.5.	Recolección de información	53
2.6.	Procesamiento y análisis de datos	55
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN		56
3.1.	Empresa de análisis	56
3.1.1.	Datos generales de la empresa.....	56
3.1.2.	Organigrama de la empresa	57
3.1.3.	Productos	59
3.1.4.	Análisis ABC de productos.....	60
3.2.	Estudio de tiempos.....	75
3.3.	Cálculo de desempeño	76
3.4.	Capacidad de producción.....	80
3.5.	Cálculo de requerimiento de superficie	86
3.5.1.	Cálculo de la superficie de producción.....	86
3.5.2.	Descripción de elementos estáticos o fijos (EF).....	86
3.5.3.	Descripción de elementos móviles	87
3.5.4.	Cálculo del coeficiente de evolución (K)	87
3.6.	Estimación de superficie auxiliar	90
3.7.	Localización de la nueva empresa	91
3.7.1.	Establecimiento de prioridades del modelo	95
3.7.2.	Prioridades criterios	95
3.7.3.	Matriz de prioridades	96
3.7.4.	Consistencia.....	96
3.8.	Aplicación de Software de toma de decisión.....	97

3.8.1. Presentación de resultados	98
3.9. Interpretación de resultados	98
3.10. Consideraciones de Construcción.....	99
3.11. Distribución de instalaciones	99
3.12. Restricciones para la distribución.....	100
3.13. Técnicas de distribución por proceso	101
3.13.1. Método SLP	101
3.14. Análisis Carga-Distancia	108
3.15. Simulación	109
3.15.1. Diseño del Modelo.....	109
3.15.2. Distancia total recorrida (Dt)	115
3.15.3. Costo de transporte	115
3.15.4. Utilización de Maquinaria	116
3.15.5. Experimentación	117
3.16. Propuesta de distribución.....	119
3.16.1. Discusión de resultados	120
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	122
4.1. Conclusiones	122
4.2. Recomendaciones.....	123
Anexos.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Esquemas para la representación de procesos .	25
Tabla 2 Escala fundamental de comparación de pares.....	47
Tabla 3 Índice aleatorio.....	48
Tabla 4 Porcentaje máximo de la ratio de consistencia CR	48
Tabla 5.- Materiales empleados en el estudio	51
Tabla 6.- Resumen el personal de la empresa	53
Tabla 7.- Recolección de la información	54
Tabla 8.- Listado de productos según el modelo.....	60
Tabla 9.- Historial de ventas de la empresa Panamus	60
Tabla 10.- Ventas de la empresa Panamus del 2020 hasta 2022.....	61
Tabla 11.- Participación de productos.....	62
Tabla 12.- Análisis ABC	62
Tabla 13.- Cursograma sinóptico	72
Tabla 14.- Cursograma analítico del proceso.....	74
Tabla 15.- Actividades de fabricación del calzado	76
Tabla 16.- Estudio de tiempos.....	78
Tabla 17.- Suplementos de los procesos	79
Tabla 18.- Resumen de estandarización de unidades.....	80
Tabla 19 Principios de distribución de planta	82
Tabla 20.- Elementos estáticos.....	86
Tabla 21.- Cálculo de superficie estática	88
Tabla 22.- Superficie gravitacional	89
Tabla 23.- Superficie evolutiva	89
Tabla 24.- Coeficiente de evolución, superficie parcial y total de producción.....	90
Tabla 25 Factores a tomar en cuenta ubicación nueva.....	92
Tabla 26 Matriz de comparación pareada	95
Tabla 27 matriz de normalización de prioridades	96
Tabla 28.- Tipo de distribución.....	100
Tabla 29.- Restricción a tomar en cuenta ante la distribución de planta.....	101
Tabla 30.- Codificación de áreas.....	102
Tabla 31.- Criterios de cercanía	102

Tabla 32.- Valores de espacios requeridos.....	103
Tabla 33.- Normativas de construcción del Parque Industrial de Ambato.....	104
Tabla 34.- Distancia entre departamentos	108
Tabla 35.- Distancia recorrida en la secuencia de procesos para el calzado deportivo	109
Tabla 36.- Distribución Estadística de los procesos.....	113
Tabla 37.- Distancia total recorrida por los operadores de 3 meses.....	117
Tabla 38.- Tiempo de transporte de productos en horas para 3 meses de simulación.	117
Tabla 39.- Capacidad de producción actual y propuesta.....	118
Tabla 40.- Porcentaje de utilización de maquinaria	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Simbología ASME	25
Figura 2.- Ejemplo cursograma sinóptico	26
Figura 3.- Descomposición de los elementos	29
Figura 4.- Número de ciclos según la General Electric.	30
Figura 5.- Tabla de calificación de ritmo de trabajo	31
Figura 6.- Suplementos para los trabajadores.....	32
Figura 7.- Diseño de disposición de instalaciones	34
Figura 8.- Distribución por posición fija	38
Figura 9.- Distribución por Proceso o Función	38
Figura 10.- Distribución por producto, cadena de montaje de un eje motriz	39
Figura 11.- Formas comunes de la distribución de planta por producto.....	40
Figura 12.- Célula de un trabajador, múltiples máquinas	40
Figura 13.- Ilustración de las superficies parciales	45
Figura 14.- Ciclo de un estudio de simulación	49
Figura 15.- Ubicación de la empresa	57
Figura 16.- Organigrama funcional.....	58
Figura 17.- Áreas de producción de la empresa.....	59
Figura 18.- Diagrama ABC.....	63
Figura 19.- Bodegas de materia prima	64
Figura 20.- Troqueladora	65
Figura 21.- Corte de moldes.....	66
Figura 22.- Serigrafiado de plantillas.....	66
Figura 23.- Costura de horma	67
Figura 24.- Empastado de zapatillas	67
Figura 25.- Proceso de jareteado.....	68
Figura 26.- Rayado de la zapatilla	69
Figura 27.- Túnel de canalización.....	69
Figura 28.- Prensa neumática sorbetera	70
Figura 29.- Túnel de enfriado para calzado	70
Figura 30.- Área de terminación del producto	71
Figura 31.- Objetivo de análisis de toma de decisión en Software Expert Choice ...	97

Figura 32.- Alternativas sometidas a toma de decisión.	97
Figura 33.- Criterios a aplicar en la toma de decisión	98
Figura 34.- Resultado del estudio	98
Figura 35.- Diagrama de relaciones	103
Figura 36.- Diagrama de relación entre actividades	104
Figura 37.- Simbología empleada para la definición de relación entre actividades	102
Figura 38.- Layout de la propuesta	106
Figura 39.- Configuración de unidades.....	110
Figura 40.- Exportación de elementos	110
Figura 40.- Muestra de tiempos de cada proceso.....	112
Figura 40.- Modelo matemático obtenido con el Software ExpertFit.....	113
Figura 41.- Proceso con el modelo matemático de tiempo introducido.....	114
Figura 42.- Simulación completa del sistema.	114
Figura 42.- Cursograma analítico de la propuesta.	120

RESUMEN EJECUTIVO

A nivel mundial el alto nivel de competencia industrial que las empresas están experimentando ha dado lugar a la necesidad de introducir nuevos modelos, herramientas o métodos que permitan a las compañías mantenerse al ritmo en el nuevo orden industrial. Es por este motivo que la presente investigación tiene como finalidad proponer un diseño de planta para la optimización del proceso de producción de calzado deportivo en la empresa "PANAMUS". Se realizó un análisis mediante el método ABC para establecer el producto de mayor demanda siendo este el modelo económico e intermedio, seguidamente se desarrolló un estudio de tiempos y movimientos obteniendo como resultando los tiempos estándar y se estableció la capacidad de producción. Después se calculó el requerimiento de espacio de superficie establecido en 130,55 m², por lo que, considerando las normativas y las peticiones empresariales la superficie total de la instalación será de 217,58 m², de los cuales el 70% se destinará a la construcción de edificaciones y el 30% a vías y zonas verdes. El proceso metodológico se abordó desde los requerimientos empresariales propuestos para la selección de una nueva ubicación, esta se realizó mediante un proceso analítico jerárquico en función de los criterios y subcriterios establecidos por la empresa; obteniendo así una propuesta de ubicación en el sector el Pisque con un resultado favorable del 58.4% respecto a las demás alternativas. Mediante el método SLP y el estudio de tiempo se pudo aplicar diagramas de relaciones entre actividades, dando como resultado 2 propuestas de diseño de instalaciones consiguiente a esto se simuló el estado actual de la empresa y la propuesta ganadora teniendo como resultado una capacidad favorable de 2010 pares de zapatillas adicionales por trimestre y disminuyendo una distancia de recorrido total de 11041.3 m en el trimestre.

Palabras clave: Análisis jerárquico, optimización, estudio de tiempo, distribución de instalaciones, simulación.

ABSTRACT

At world level, the high level of industrial competition that companies are experiencing has given rise to the need to introduce new models, tools or methods that allow companies to keep pace with the new industrial order. It is for this reason that the present research aims to propose a plant design for the optimization of the production process of sports footwear in the company "PANAMUS". An analysis was carried out using the ABC method to establish the product with the highest demand, this being the economic and intermediate model, then a study of times and movements was developed, obtaining as a result the standard times and the production capacity was established. Afterwards, the surface space requirement was calculated and established at 130.55 m², so that, considering the regulations and business requests, the total surface of the facility will be 217.58 m², of which 70% will be used for the construction of buildings and 30% for roads and green areas. The methodological process was approached from the business requirements proposed for the selection of a new location, this was done through a hierarchical analytical process based on the criteria and subcriteria established by the company; thus obtaining a proposed location in the Pisque sector with a favorable result of 58.4% with respect to the other alternatives. By means of the SLP method and the time study it was possible to apply diagrams of relationships between activities, resulting in 2 proposals for the design of facilities. Consequently, the current state of the company and the winning proposal were simulated, resulting in a favorable capacity of 2010 additional pairs of slippers per quarter and decreasing a total travel distance of 11041.3 m in the quarter.

Keywords: Hierarchical analysis, optimization, time study, plant layout, simulation.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Tema de investigación

Diseño de planta para la optimización del proceso de producción de calzado deportivo en la empresa PANAMUS.

1.2. Planteamiento del problema

A nivel mundial la alta competitividad industrial que atraviesan las empresas en la actualidad ha ocasionado que exista la necesidad de implementar nuevos modelos, herramientas o metodologías las cuales permitan a las organizaciones industriales adentrarse de una mejor manera en un mercado el cual se encuentra en constante cambio, provocando que cada vez sea más difícil mantener niveles óptimos de producción, calidad y precio [1]. De este modo la Industria 4.0 o también llamada Cuarta Revolución Industrial, abarca una infinidad de aplicaciones llamativas y revolucionarias, las cuales permiten la integración de nuevas tecnologías, mismas que permiten un cambio en el pensamiento y las estructuras económicas, pues facilitan y promueven un cambio radical en los procesos y modelos de producción en masa, adaptando la automatización en la mayoría de los procesos; sin embargo esto dependerá netamente del tipo de industria, debido a que existen barreras económicas, sociales y de cultura organizacional que impiden que su integración se dé progresivamente [1], [2].

En este sentido, varias empresas alrededor del mundo se encuentran estancadas por sus procesos, pues los mismos con el pasar del tiempo son obsoletos, generando inconvenientes a nivel económico, ya que sus tiempos y niveles de producción no se comparan al de la competencia; lo que influye directamente en que los recursos de las organizaciones industriales no se usen adecuadamente [3]. Como se mencionó con anterioridad la industria 4.0 y las tecnologías nacientes presentan una barrera económica, por lo que es comprensible que no siempre es factible o posible hacer uso de estas en países subdesarrollados [4].

A primera vista pareciese que las nuevas tecnologías no pueden ser compatibles con métodos o herramientas tradicionales empleados en las industrias, sin embargo un claro ejemplo de la falsedad de esta premisa se presenta en uno de los factores determinantes en la inoperancia o deficiente operabilidad de los procesos, la cual es la disposición física; pues el desorden provoca un incorrecto flujo de materiales y productos, dando como resultado un descontrol en los procesos, es así que la maquinaria, la mano de obra, el material, los servicios y las instalaciones no están siendo aprovechadas adecuadamente, provocando esperas y retrasando los cambios positivos para la empresa [5].

Una de las industrias que presentan mayor diversificación en el uso de nuevas tecnologías es el calzado, pues es posible optimizar y automatizar ciertos procesos, así también como analizar los factores que tienen mayor incidencia en la baja productividad y la generación de desperdicios. En el Ecuador la producción de calzado es una actividad la cual permite en gran medida el desarrollo de la productividad del país. Este sector muestra signos de crecimiento, desde el 2016 el volumen de las exportaciones del rubro ascendió a 38,9 millones de dólares y tiene como principales destinos a Colombia, Perú, Venezuela, Guatemala y Estados Unidos [6].

No obstante, los resultados de muchos métodos adoptados para llevar a cabo la optimización de las fábricas demuestran que en el sector del calzado, debido al peso que tienen los distintos elementos de producción y a la escasez de capital, carecen de una línea de producción adecuada y organizada para minimizar los tiempos de fabricación [7], [8]. En este sentido las nuevas tecnologías pueden dar solución a estos problemas, pues herramientas como el FLP pueden combinarse con el análisis de datos o el modelado y simulación, para así obtener la solución más que mejor se adapte a la situación de una empresa. Además, es evidente que en el país existe un déficit en el uso y la implementación de herramientas y tecnologías en las industrias del calzado, es decir, se dejan de lado varios aspectos claves que podrían ayudar a detectar desperdicios e incrementar la productividad en este tipo de organizaciones [9], [10].

Hoy en día, la industria ecuatoriana del calzado está integrada por 5.800 empresas que producen 31 millones de pares de zapatos al año. Estas son empresas de carácter netamente familiar, varias de ellas artesanales, las cuales se encuentran ya en manos de la segunda y tercera generación [11]. Una de las provincias en las cuales el calzado genera mayor impacto es Tungurahua, esto debido a que en la misma se encuentra el 80% de las fábricas de calzado activas en Ecuador, las cuales satisfacen la demanda de calzado deportivo, lo que genera un mercado de alta participación con una actividad económica del 44%, generándose la necesidad de mejorar los procesos de fabricación para soportar esta demanda [11], [12].

De esta manera, empresas ambateñas como lo es "PANAMUS" buscan implementar nuevas herramientas o mejoras que faciliten la fabricación de calzado deportivo, de tal forma que se prioricen los procesos de la empresa; adicionalmente, en la organización se han registrado varios problemas relacionados con la producción, ya que la deficiente distribución del espacio físico y la falta de una infraestructura propia, ha provocado que exista un desorden en los procesos, trayendo consigo cuellos de botella y desplazamientos innecesarios, como resultado nace una necesidad de mejora, motivo por el cual, el gerente de la empresa se encuentra interesado en efectuar un análisis de los procesos y conocer una propuesta la cual de una solución a los problemas identificados, empleando adecuadamente los recursos tanto materiales como económicos.

Una solución factible a estos problemas es mediante el diseño de distribución de instalaciones (FLP) y la simulación, ya que es posible optimizar el espacio físico, siguiendo una serie de condiciones en las cuales se analiza factores como la forma, el tamaño, la orientación y la disponibilidad de las instalaciones [13], [14]. Esto conlleva a que los procesos sean más congruentes con las instalaciones de tal forma que el desplazamiento de los operarios, el material y los productos son optimizados; lo que conlleva también a una mejora en la seguridad de los trabajadores, incremento de la producción, reducción en el sobre procesamiento y disminución en los plazos de entrega [15], [16]. La implementación de una herramienta como lo es el FLP incurre en una mejora de la productividad, pues la flexibilidad que se puede alcanzar con una

buena distribución de planta es un punto clave para mejorar el rendimiento y obtener resultados favorables ante las adversidades empresariales que se viven en la actualidad, como las contraídas a raíz de la pandemia del Covid-19, la cual ha generado situaciones en las cuales la seguridad, la calidad y la eficiencia operativa se ven afectadas [17].

1.3. Delimitación

El presente proyecto de investigación se encuentra delimitado de la siguiente manera.

Área académica: Producción y Operaciones

Línea de investigación: Diseño, materiales y producción

Tiempo: Se realizará en el periodo académico abril- septiembre 2022

Espacio: El proyecto se llevará a cabo en la empresa Panamus, ubicada en la parroquia Pinillo, calles Schuarz s/n y Quiteño libre.

1.4. Antecedentes investigativos

El estudio del diseño de distribución de instalaciones (FLP), ha sido ampliamente analizado por diversos autores a través de los años, sin embargo, el interés en este campo ha permanecido en constante crecimiento, pues a raíz del uso de las TIC's en la industria y la implementación de nuevas tecnologías o herramientas como metodologías de algoritmos, el modelado y la simulación de procesos, ha sido posible ampliar las oportunidades de mejora en cuanto a la aplicación, optimización y búsqueda de soluciones para organizaciones industriales [18]. De este modo y con varios enfoques nuevos de solución, en los últimos años se han destacado estudios los cuales aplican las mencionadas nuevas tendencias para la selección de una distribución de planta, destacando los enfoques metaheurísticos, algoritmos genéticos, colonia de hormigas, enjambre de partículas, búsqueda tabú y recorrido simulado, siendo estos los métodos de solución que han tenido resultados más notables y exitosos [19].

En la actualidad, las organizaciones se desenvuelven en un entorno competitivo, caracterizado por lineamientos de producción y seguridad, lo que obliga a orientar los diseños de las plantas industriales hacia dichas normativas [16]. Bajo estas circunstancias los estudios se enfocan en dichos aspectos, por lo que las variaciones en los mismos incurren en las diferentes normativas aplicadas en cada país, el método empleado para la distribución de planta y el tipo de distribución adoptada, es decir por posición fija, en cadena, en serie, por producto, por proceso o por función [20].

Esto se sustenta en los objetivos del diseño de plantas como se menciona en el estudio titulado “Optimización mediante simulación de un problema de diseño de instalaciones con factores de seguridad y ergonomía”, pues los autores concluyen que un ambiente laboral inadecuado afecta al trabajador, debido a la errónea ubicación de su puesto de trabajo dentro de la empresa, por consiguiente, un cambio del puesto de trabajo en una ubicación adecuada mejora no solamente el estado de ánimo del recurso humano, si no también aumenta la producción, pues se disminuyen los tiempos de cada proceso [21]. En la misma línea argumentativa el FLP permite reducir el impacto que tienen las variables de seguridad y clima laboral, por ejemplo en el estudio desarrollado por Hernández et al. [7], se menciona que la finalidad de evaluar un diseño de planta en una industria manufacturera radica en la identificación de las áreas con mayor desorden y suciedad, y por consiguiente esto facilita el desarrollo de estudios de riesgos y medidas de tiempo las cuales son primordiales al momento de identificar los indicadores de la situación actual en una empresa. De igual manera se enfoca en el uso de herramientas complementarias como las 5 S's, y concluyen que existe una relación positiva en la metodología y el FLP.

Estudios relacionados a la problemática en la provincia de Tungurahua, hacen énfasis en que la productividad y la eficacia pueden ser optimizadas mediante una correcta planificación de la distribución de instalaciones, pues esta es una de las herramientas más factibles a emplearse dentro de una industria, premisa la cual se analiza en el trabajo de investigación titulado como Distribución de Planta en la Empresa Carrocerías Pérez; de este modo y como punto adicional, la caracterización de los procesos a través de la diagramación de las tareas, es un pilar fundamental dentro de

la creación de un modelo de simulación. A su vez, mediante la implementación de una nueva distribución es posible abaratar los costos de transporte y disminuir el tiempo estándar de producción [8].

Una de las problemáticas más comunes en las empresas de manufactura son la generación de cuellos de botella, en este sentido, los estudios enfocados a la eliminación y control de esta problemática hacen uso de métodos para la distribución de planta en conjunto con la simulación, tal y como se describe en la investigación titulada como “Una simulación difusa a la medida integrada con un método DEA difuso para un problema de diseño de instalación resiliente”; en el que se destaca que los cuellos de botella son susceptibles a mejorar mediante el rediseño de instalaciones resilientes, adicionalmente se menciona por los autores que la disminución del tiempo de tolerancia al fallo en una crisis, las esperas, la flexibilidad y el aprovechamiento de las instalaciones son los indicadores que mejor determinan la eficiencia de las disposiciones idóneas. Por consiguiente, constituirían elementos críticos en el diseño de procesos resilientes por parte de los planificadores de instalaciones [22].

En cuanto al ámbito del calzado en la provincia de Tungurahua, como se mencionó con anterioridad los estudios presentan varias similitudes, como el análisis de superficies a través de método de Guertchet el cual es empleado para la obtención de las dimensiones necesarias de los puestos de trabajo, adicionalmente el uso de los softwares más comunes son Expert Choice y WinQsb, mismos que son empleados para obtener la redistribución de planta más afectiva, obteniendo así la manera más óptima para eliminar transportes y esperas innecesarias, tal y como se menciona en el trabajo titulado “Distribución de Planta de la Empresa de Calzado Boom’s de la Ciudad de Ambato” [9].

Gran parte de los estudios referentes al FLP resaltan que el principal problema en las instalaciones es el deficiente uso de espacio físico y la gran cantidad de desperdicios que son provocados a raíz de este problema, por ejemplo en el estudio titulado Distribución de instalaciones para la nueva planta de producción de la empresa de Calzado CASS, se hace mención a estos aspectos, para lo cual se mencionan tres etapas

previas como lo es el levantamiento de información, la aplicación de técnicas de distribución de instalaciones y la toma de decisiones a través de herramientas multicriterio como lo es el software WinQSB y Expert Choice, sin embargo la propuesta de distribución que se plantea se mantiene dentro de los elementos tradicionales del FLP, no aportando un nuevo método de selección para el diseño o una simulación de los procesos en cuestión, lo que incurre en que la fidelidad de la distribución propuesta sea susceptible a la aleatoriedad [23].

Por el contrario, estudios desarrollados en empresas las cuales se dedican parcialmente a la industria del calzado textil presentan nuevos aportes, como en la investigación titulada “Modelo de redistribución de instalaciones bajo un enfoque productivo y de bioseguridad para la empresa CM Original de la ciudad de Pelileo”, desarrollado en el año 2021, en la cual se presentan enfoques novedosos como lo es la bioseguridad; en la investigación se resalta que, con respecto a las medidas para contrarrestar los efectos ocasionados por la pandemia no se prioriza el distanciamiento social entre trabajadores, sino más bien la desinfección e higiene. De igual manera se exponen modelos matemáticos mixtos para la selección de distribución de planta. Además, se evidencia que la simulación es una parte fundamental en este tipo de investigaciones, pues mediante la misma es posible observar las posibles mejoras en el sistema [24], [25].

En la empresa “PANAMUS” no se han desarrollado estudios previos los cuales se enfoquen en la mejora de la productividad a través de la distribución de planta, por el contrario, los escasos estudios previos realizados en la empresa abordan las problemáticas a través de la documentación de la situación actual, estandarización de procesos y la búsqueda de estrategias de comercialización, siendo una de estas la investigación titulada “Modelo de comercialización para el incremento de las ventas en la empresa Calzado PANAMUS en la ciudad de Ambato”, en la cual se menciona que mediante una investigación de campo realizada a los clientes internos y externos una alternativa de solución ante la baja productividad es el diseño de un plan branding, el cual permitiría tener una mejor imagen y posicionamiento de marca. De igual manera en la tesis titulada “Gestión por procesos en el sector del calzado de la zona

3”, en la cual se analiza cómo caso de estudio a la misma empresa y se menciona que la estandarización de los procesos y su posterior socialización permite un incremento de productividad, pues al contar con procesos detallados se mejorará la asignación de recursos y la gestión será consistente en toda la organización [26]. Sin embargo, al no tener una certeza de que los procesos y la distribución de la empresa sea la adecuada las “soluciones” no tendrán resultados óptimos, lo que se evidencia en el sentir del Gerente, pues en sus propias palabras “*a pesar de adoptar las medidas sugeridas, las mejoras no han sido palpables*”.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Análisis ABC

Esta herramienta permite analizar elementos en función del impacto que estos tienen; ya sea en el inventario como en la demanda, haciendo uso de la frecuencia y su ponderación de aportación, también conocida como la ley del menos significativo, la herramienta se complementa o mejor dicho hace uso de la ley de Pareto o también llamada 80-20, en la cual se establece que el 80% de los defectos se dan a causa del 20% de los problemas, o en otros términos el 80% de las consecuencias son debido al 20% de las acciones, esta ley se puede extender a diferentes ámbitos, como productos, inventarios, demanda, defectos de calidad, entre otros. En este sentido se puede decir que, a pesar de que varias circunstancias influyen a una causa, los desencadenantes o responsables de esta son pocos [27].

1.5.2. Grafos para la representación de procesos

Son representaciones gráficas de los procesos en los cuales se precisan las fases a seguir en una secuencia de actividades, dentro de un proceso o procedimiento mediante una determinada simbología, asimismo se incluyen datos relativos a las trayectorias, tiempos y volúmenes utilizados, mismos que serán fundamentales en la fase dedicada al análisis de los datos, a fin de determinar y descartar las actividades sin valor, dichas actividades pueden clasificarse en cinco, como se muestra en la Figura 1 [28].





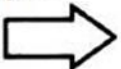




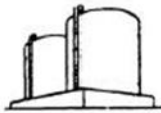
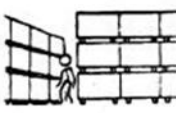




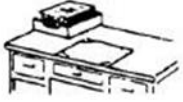




Operación  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
Transporte  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
Almacenamiento  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
Retrasos  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
Inspección  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Figura 1.- Simbología ASME [28].

Los esquemas empleados se clasifican por lo general en 2 tipos, mismos que hacen referencia a los diagramas de movimiento, mano de obra o maquinaria; y los gráficos, los cuales describen sucesiones de actividades.

Tabla 1.- Esquemas para la representación de procesos [29].

Gráficos	Diagramas
Gráfico de sucesión de hechos	Diagrama de actividades múltiples
Cursograma sinóptico del proceso	Sinograma
Cursograma sinóptico del operario	Diagrama de recorrido
Cursograma sinóptico del material	Diagrama de hilos
Cursograma sinóptico del equipo	Ciclograma
Diagrama bimanual	Cronociclograma
Gráficos con escala de tiempo	Diagrama de relaciones

1.5.3. Cursograma sinóptico

Se trata de un diagrama a nivel elemental, donde se aprecian de manera global las operaciones e inspecciones fundamentales, no siendo, por tanto, una herramienta para el análisis en profundidad. Mediante este diagrama de proceso se desconoce qué persona o dónde se lleva a cabo la operación, sino que sólo permite conocer las actividades que se desarrollan [30].

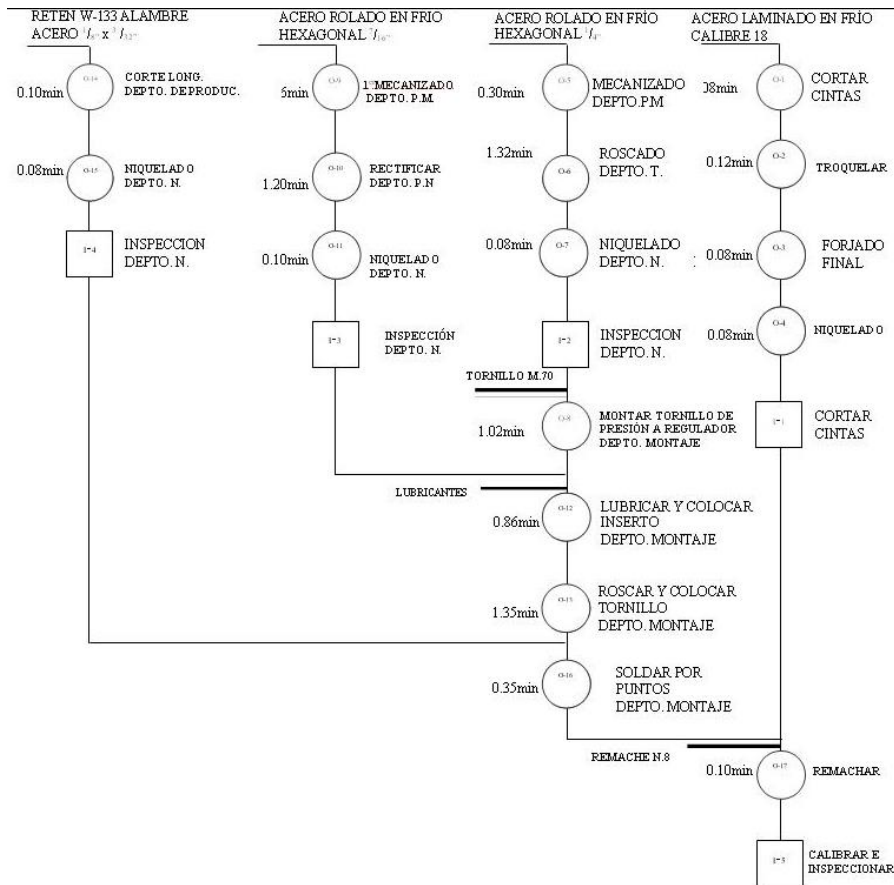


Figura 2.- Ejemplo cursograma sinóptico [24].

1.5.4. Estudio de tiempos

Un estudio de tiempos es una herramienta ampliamente utilizada para la medición, registro de tiempos y ritmos de trabajo de una determinada tarea, la cual es realizada bajo condiciones específicas, de tal modo que los datos analizados permitan averiguar los tiempos requeridos para realizar la tarea en cuestión según normas de ejecución preestablecidas [30]. Las razones por las que es necesario realizar un estudio de tiempo son:

- Las compañías deben cotizar un precio competitivo.
- Para hacer una oferta se debe estimar el tiempo y costo de manufactura.
- Establecer un programa de fabricación.
- Evitar tiempos ociosos de máquinas y operarios.
- Cumplir las fechas de embarque a los clientes.
- Planear la llegada de las materias primas.
- Realizar mantenimiento de equipos, instalaciones, orden y aseo de las plantas.
- Predecir las necesidades de equipo y mano de obra o sea las horas-hombre y horas-máquina.
- Pagar según un plan de incentivo [31].

Un estudio de tiempos generalmente se lo realiza siguiendo el siguiente orden:

- Selección de la operación.
- Selección del trabajador.
- Registro de la información más relevante.
- División de la operación en elementos.
- Efectuar el estudio de tiempos.
- Hacer la extensión del estudio de tiempos.
- Determinar el número de ciclos recomendados a cronometrar.
- Calificar y normalizar el desempeño del operador.
- Aplicar suplementos o tolerancias.
- Verificación y publicación.
- Publicar el estándar de tiempos [30], [32].

1.5.5. Selección de la operación

El primer paso para el estudio de tiempos es la determinación de la operación a medir, en primera instancia, la selección de esta depende del objetivo general que se persigue con el estudio. Sin embargo, se puede hacer uso de diferentes criterios, tales como [30]:

- El orden de las operaciones del proceso.
- La posibilidad de ahorro que se espera en la operación, es decir, si está relacionado con el costo anual de la operación.
- Dependiendo de las necesidades específicas [30].

1.5.6. Selección del operador

Al momento de seleccionar al trabajador es fundamental considerar varios factores, pues el éxito del estudio de tiempos dependerá en gran medida de cómo se realicen las operaciones, siendo primordial conocer los siguientes puntos acerca del trabajador [30]:

- Habilidad
- Deseo de Cooperar
- Temperamento
- Experiencia

1.5.6.1. División de la operación en elementos

Antes de iniciar con la recopilación de los tiempos, es necesario tener una visión clara de las operaciones, por tal motivo es necesario dividir las mismas en elementos secuenciales individuales, de una forma en la que se pueda identificar fácilmente cada etapa del proceso, su inicio y su culminación, pues esto facilitará en gran medida la toma de tiempos [28].

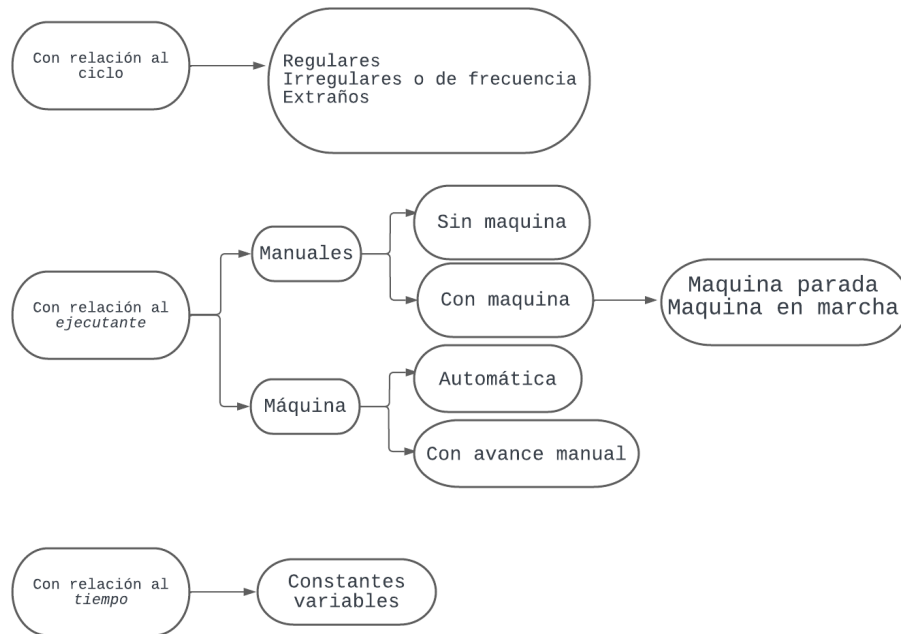


Figura 3.- Descomposición de los elementos [30].

1.5.6.2. Reglas para seleccionar los elementos

- De preferencia estos deben identificarse de inicio a fin con facilidad.
- La brevedad de los elementos es necesaria, Una unidad mínima que usualmente es aceptada es de 0.04 min.
- Los elementos manuales deben estar separados de los mecánicos.
- Es fundamental delimitar los elementos manuales a máquina parada de los de máquina en marcha, pues los primeros tienden a reducir el ciclo de trabajo en las actividades del operador, por el contrario, los de máquina no influyen en el ciclo, pero influyen en la saturación del operador [30].

1.5.6.3. Cronometraje

Posterior al registro de la información general, la fase de medición del tiempo se la efectúa mediante el cronometraje. Para esta tarea se hace uso de aparatos como lo son el cronómetro ordinario, cronómetro vuelta cero, cronómetro retardante o con aguja recuperadora, entre otros [30]. En ese sentido se pueden emplear métodos de cronometraje de tiempos continuos o de regreso a cero.

Método de tiempos continuos

En este método las lecturas de tiempo son registradas a la terminación de cada elemento, sin que el cronómetro se detenga [32].

Método de Retroceso a cero

Consiste en oprimir y soltar inmediatamente la corona del reloj, cuando termina cada elemento, de tal forma que la aguja de este regresa a cero e inicia de inmediatamente su marcha desde cero [32].

1.5.6.4. Ciclos del estudio

La extensión del estudio de tiempos en gran medida depende de la naturaleza de la operación, en este sentido las observaciones necesarias para obtener un tiempo representativo promedio se lo puede realizar a través de varios métodos como lo son: fórmulas estadísticas, ábaco de Lifson, tabla de Westinhouse y el más empleado el criterio de la General Electric [30].

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Figura 4.- Número de ciclos según la General Electric [28].

1.5.6.5. Valorización del ritmo de trabajo

En vista de que el tiempo real necesario para la ejecución del estudio depende en gran medida de la habilidad y esfuerzo del trabajador, se debe ajustar adecuadamente el tiempo normal de los operadores buenos y malos hacia un nivel estándar. De tal forma que al finalizar con el cronometraje el analista debe ponderar al trabajador de una manera justa e imparcial [28]. En la figura 5 se presenta una de las varias formas de determinar la ponderación para ritmos de trabajo.

Escala				Descripción del desempeño
60-80	75-100	100-133	0-100 (Norma británica)	
0	0	0	0	Actividad nula
40	50	67	50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros; el operador parece medio dormido y sin interés en el trabajo.
60	75	100	75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan.
80	100	133	100 Ritmo Tipo	Activo, capaz, como obrero calificado medio pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
100	125	167	125	Muy rápido; el operador actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado.
120	150	200	150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso, sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de "virtuosos", solo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.

Fuente: Adaptación de un cuadro publicado por la Engineering and Allied Employed (West of England), Association Department of Work Study.
*Partiendo del supuesto de un operario de estatura y facultades físicas medias, que camine en línea recta por terreno llano y sin obstáculos.

Figura 5.- Tabla de calificación de ritmo de trabajo [30].

1.5.6.6. Suplementos

Para el cálculo del tiempo estándar se deben considerar dos aspectos claves, uno de ellos es el desempeño del trabajador, sin embargo, otro factor muy importante son las holguras inevitables y que son muchas veces son pasadas por alto, por tal motivo es necesario realizar ajustes de tal manera que se compensen estos tiempos de pérdida, es así como se hace uso de los denominados suplementos, lo cuales permiten tener un tiempo estándar de operación correcto y aproximado a la realidad [30]. En la figura 6 se detallan las holguras que son tomadas en cuenta en el cálculo del tiempo estándar.

Los suplementos que pueden considerarse en un estudio de tiempos son 3:

- Demoras debidas a elementos contingentes poco frecuentes.
- Demoras en la actividad del trabajador provocadas por su supervisión.
- Demoras causadas por elementos extraños inevitables, concesión que puede ser temporal o definitiva.

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES

	Hombres	Mujeres
A. Suplemento por necesidades personales	5	7
B. Suplemento base por fatiga	4	4

2. SUPLEMENTOS VARIABLES

	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	4	45
B. Suplemento por postura anormal			2	100
Ligeramente incómoda	0	1		
incómoda (inclinado)	2	3		
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7		
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)				
Peso levantado [kg]				
2,5	0	1		
5	1	2		
10	3	4		
25	9	20		
35,5	22	---		
D. Mala iluminación				
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0		
Bastante por debajo	2	2		
Absolutamente insuficiente	5	5		
E. Condiciones atmosféricas				
Índice de enfriamiento Kata				
16		0		
8		10		
F. Concentración intensa				
Trabajos de cierta precisión			0	0
Trabajos precisos o fatigosos			2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos			5	5
G. Ruido				
Continuo			0	0
Intermitente y fuerte			2	2
Intermitente y muy fuerte			5	5
Estridente y fuerte				
H. Tensión mental				
Proceso bastante complejo			1	1
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos			4	4
Muy complejo			8	8
I. Monotonía				
Trabajo algo monótono			0	0
Trabajo bastante monótono			1	1
Trabajo muy monótono			4	4
J. Tedio				
Trabajo algo aburrido			0	0
Trabajo bastante aburrido			2	1
Trabajo muy aburrido			5	2

Figura 6.- Suplementos para los trabajadores [30].

Un aspecto a considerar es que esta estimación no es la misma en todas partes, pues en gran medida dependerá del país en donde se realice el estudio, por ejemplo, en la India se considera algo normal la postura de rodillas [32].

1.5.6.7. Tiempo normal

Representa el tiempo mínimo no reducible, estimado en función de la cantidad de operaciones elementales que se realizan en el trabajo y el índice de desempeño, comprende todo el conjunto de operaciones de base necesarias para la realización de

los procesos productivos. El cálculo de la ecuación 1 hace posible determinar el tiempo normal a través del tiempo medio observado y el índice de rendimiento [27].

$$TN = TOP \times ID \quad (1)$$

Donde;

TN = Tiempo Normal

TOP = Tiempo Observado Promedio

ID = Índice de Desempeño

Tiempo estándar

Hace referencia al tiempo necesario para realizar una operación tomando en cuenta las habilidades del trabajador y las holguras existentes durante la realización del trabajo. Para el cálculo del mismo se debe hacer uso de la Ecuación 2 [27].

$$TS = \frac{TN}{1 - \frac{\Sigma \text{suplementos}}{100}} \quad (2)$$

Donde:

TS = Tiempo Estándar

TN = Tiempo Normal

Σ suplementos = Total de los suplementos

1.5.6.8. Capacidad de Producción

Se entiende por capacidad de producción de una empresa aquella cantidad de productos la cual puede generar en un determinado lapso, partiendo de los recursos con los que cuenta la empresa, tanto humanos como administrativos, tecnológicos, económicos o físicos. La Ecuación 3 describe su forma de cálculo [27].

$$Cp = \frac{1}{TS} \quad (3)$$

Donde:

Cp: Capacidad de producción.

Ts: Tiempo estándar.

1.5.7. Distribución de planta

Se entiende por distribución de la planta a la disposición física y funcional de los elementos productivos asegurando un óptimo flujo de estos con el menor coste posible. Dicha disposición, ejercida o planificada, comprende los espacios necesarios para la circulación del material, el abastecimiento, el equipo y equipamiento de trabajo, el personal y cualquier otra actividad o servicio [33]. A grandes rasgos, los intereses que persigue la Distribución en Planta son dos: uno de carácter económico, donde se busca un incremento de la producción y una disminución de los costes; y otro de índole social, con el que se procura proporcionar al trabajador seguridad y satisfacción al momento de realizar sus actividades [34].

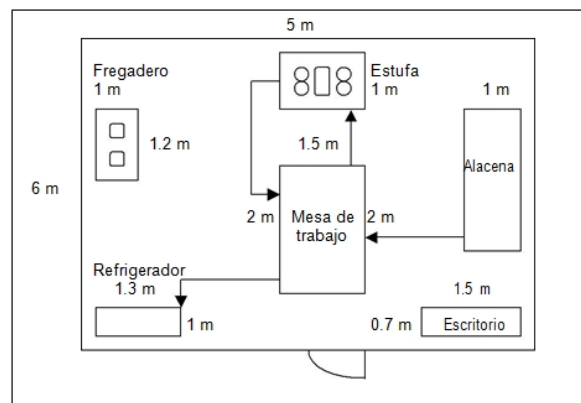


Figura 7.- Diseño de disposición de instalaciones [35].

1.5.7.1. Ventajas de una eficiente distribución de planta

Una distribución eficiente de planta trae consigo una serie de ventajas, las cuales permiten satisfacer las necesidades en cuanto a su arquitectura industrial, pues mediante el FLP es posible incidir directamente en el coste de los productos fabricados, tiempos de fabricación, consumo de recursos energéticos y la capacidad de adaptación ante cambios en la demanda, por el contrario una incorrecta distribución física incurre en la generación de problemas, esto debido a que los procesos de fabricación

presentarán dificultades aumentando así los costos de producción a tal punto que en un determinado momento la subsistencia de la empresa recibirá un fuerte golpe [36], [37]. Entre otras ventajas de una eficiente distribución de planta se encuentran las siguientes:

- Los riesgos derivados de las afecciones laborales y los siniestros de trabajo quedan reducidos, pues se eliminan las zonas de inseguridad, los pasillos peligrosos y los materiales en los pasillos [38].
- El estado de ánimo de los trabajadores se incrementa y su satisfacción es mayor, pues se evitan las zonas poco confortables en las que el trabajo se vuelve pesado para el personal [39].
- Mayor producción, al ser una disposición óptima, los tiempos de procesamiento descienden y se agilizan los flujos [38].
- Al equilibrar la carga y los ritmos de trabajo en cada departamento, es posible evitar los contratiempos, disminuyendo y suprimiendo los periodos de espera.
- La reducción de los desplazamientos y la ausencia de corredores innecesarios o materiales en cola contribuyen al ahorro de espacio [39].
- Las manipulaciones de material quedan reducidas por la distribución de los procesos y la concepción de las cadenas de montaje [39].
- Mejor aprovechamiento a nivel de equipos, trabajo y servicios.
- La vigilancia y las labores de control son más fáciles de realizar al localizarse de forma adecuada los puntos de supervisión, de modo que la visión del entorno de trabajo y las zonas de retardo sea completa [38].
- La separación de las operaciones que se perjudican mutuamente supone una reducción de los riesgos de deterioro del material y un aumento de la calidad del producto [39], [40].
- Los ajustes a las condiciones cambiantes resultan más fáciles. Es decir, mediante la anticipación de las expansiones, los incrementos de la demanda o las bajadas del mercado, los inconvenientes se eliminan [39], [40].

1.5.7.2. Principios básicos de la distribución en planta

Una distribución más eficaz y sistemática requiere tener en cuenta los seis principios básicos siguientes:

- **Principio de la integración de conjunto:** El principio hace referencia a la correcta operación y coordinación del hombre con los equipos, materiales, máquinas y todas las operaciones auxiliares necesarias para un correcto funcionamiento de la fábrica de tal modo que esta funcione y se integre como un todo [37]. Cabe mencionar que obtener una disposición física adecuada para cada área independientemente no es suficiente, sino más bien debe existir una interacción entre cada una de ellas [38].
- **Principio de la mínima distancia recorrida:** Un diseño de planta óptimo es aquel en el que se produce el mínimo desplazamiento de las materias primas, la maquinaria, los utillajes, los operarios de producción e incluso el mantenimiento. Estos movimientos suponen una serie de costes derivados de la energía que se emplea en el transporte. Para ello existen numerosos sistemas de transporte, tales como transportadores de cinta, bandas neumáticas o hidráulicas, puentes grúa eléctricos y motorizados, así como montacargas, que precisan de alguna fuente de energía para su traslado [16]. En este sentido las operaciones deben ser de preferencia sucesivas y adyacentes entre sí [37].
- **Principio de la circulación o recorrido:** De acuerdo con este principio, se considera que la óptima distribución será aquella cuya zona de trabajo esta ordenada siguiendo una secuencia de transformación o ensamblaje de los materiales. Constituye a su vez un complemento para el principio de Distancia Recorrida e implica también que el movimiento del material se realizará de forma progresiva por cada operación a la siguiente, sin retrocesos ni transversalidades, procurando un avance constante hacia su culminación libre de interrupciones o interferencias [38], [41].
- **Principio del espacio cúbico:** La disposición de la planta con un aprovechamiento total del espacio cúbico a disposición resultará ser la más eficaz y, por consiguiente, rentable. Se entiende por superficie cúbica la ocupación tanto vertical como horizontal del espacio. Dicho principio parte del

hecho de que, si tanto las máquinas como las personas y los materiales ocupan tres dimensiones, ¿por qué no se utilizan las instalaciones de la misma manera? [42].

- **Principio de satisfacción y seguridad:** Este principio establece que la distribución más eficaz es aquella que brinda una mayor seguridad y confianza para los trabajadores, en este sentido, si el recurso humano se encuentra expuesto a riesgos o accidentes indica que la disposición física es inadecuada [43].
- **Principio de la flexibilidad:** El principio radica en que una distribución es susceptible de ser reorganizada o adaptada cuando sea necesario, con un bajo coste e inconvenientes [37]. Hoy en día, se considera como uno de los principios fundamentales, puesto que las instalaciones sufren pérdidas de dinero al no ser capaces de adaptar rápidamente sus sistemas de producción a las modificaciones constantes del entorno [35].

1.5.7.3. Tipos de distribución en planta

Se distinguen principalmente cuatro tipos de disposición de instalaciones: por posición fija, por proceso o función, por producto o línea, y por células o híbridos [44].

Distribución por posición fija

Consiste en una asignación en la que el material que se va a procesar no se mueve en la fábrica, al contrario, se mantiene en un lugar, y por tanto todos los equipos y maquinarias necesarios son llevados a ella. Es utilizada en aquellos casos en los que el producto resulta masivo y pesado, por lo que sólo se fabrican pequeñas cantidades a la vez. Exige poca especialización en el trabajo, pero mucha destreza y trabajadores cualificados [43].

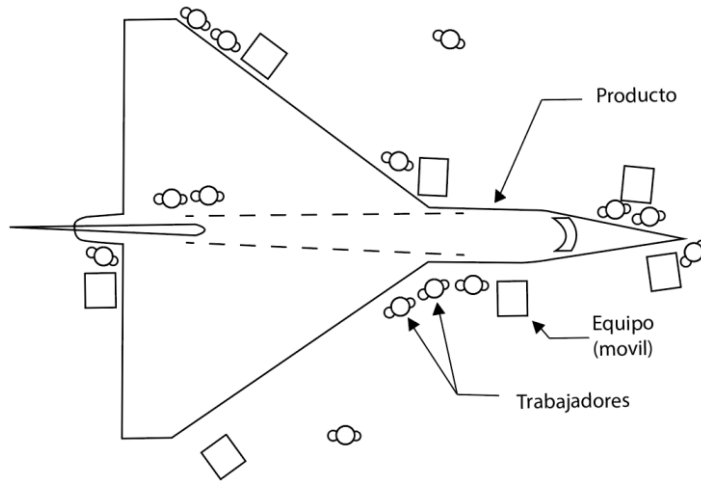


Figura 8.- Distribución por posición fija [16].

Distribución por Proceso o Función

En Con esta disposición todas las operaciones de la misma naturaleza se agrupan. Generalmente se utiliza este tipo de distribución en los casos en los que se fabrica una gran variedad de productos para los que se necesita la misma maquinaria y un volumen de producción reducido de cada uno de ellos. Del mismo modo, se emplea en los casos en que los equipos son caros y no son fáciles de trasladar o cuando la demanda es discontinua [37].

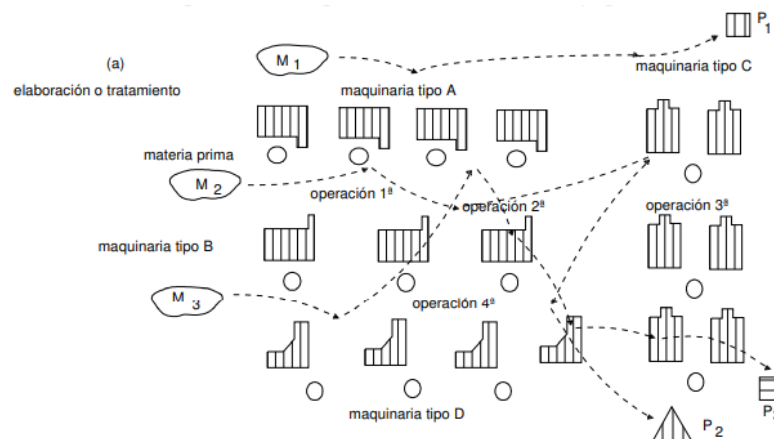


Figura 9.- Distribución por Proceso o Función [16].

Distribución por producto o en línea

En este modelo de distribución el material se desplaza de manera secuencial a través de las máquinas y operarios, los cuales permanecen fijos. Generalmente esta distribución es usada cuando la producción se encuentra organizada, ya sea de manera continua o repetitiva y su demanda es elevada; un claro ejemplo de aplicación se da en: refinerías, centrales eléctricas, electrodomésticos, cadenas de lavado de vehículos, entre otros. En esta línea argumentativa, los equipos necesarios son agrupados en la zona y se ordenan de acuerdo con el proceso de fabricación [13].

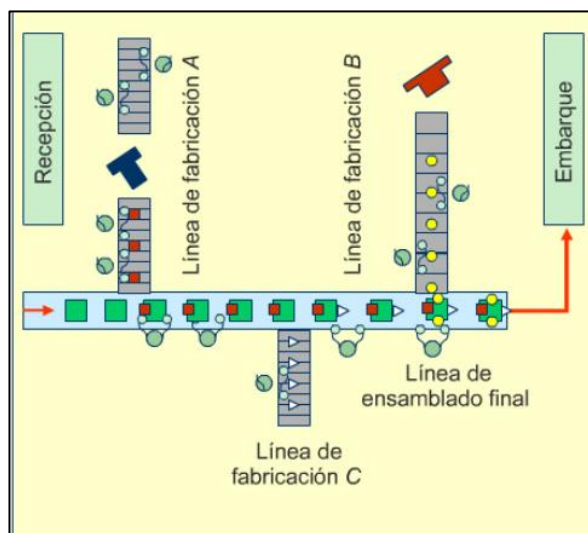


Figura 10.- Distribución por producto, cadena de montaje de un eje motriz [16].

Algunos ejemplos habituales son las empresas de embotellado de bebidas no alcohólicas, de ensamblaje de automóviles y de fabricación de conservas [9]. Igualmente, es recomendable este tipo de distribución si la demanda se mantiene uniforme y si el suministro de materiales es sencillo y continuo. La principal problemática que puede surgir en este tipo de distribución es el balanceo de las líneas de producción [38].

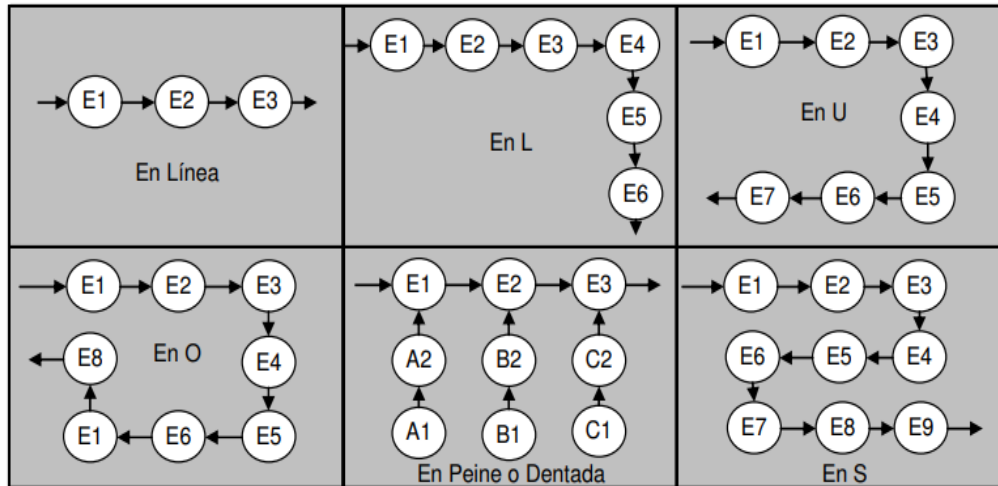


Figura 11.- Formas comunes de la distribución de planta por producto

Célula de un trabajador, múltiples máquinas

Dicha asignación resulta del conjunto obtenido a partir de la combinación de los dos tipos anteriores. En este caso está previsto manufacturar productos con similares características y materiales, y se asignan máquinas y empleados para que realicen el proceso asignado. En las células de fabricación, el personal desempeña varias tareas, los tiempos de trabajo se optimizan y la cantidad de material que se desperdicia es menor [37].

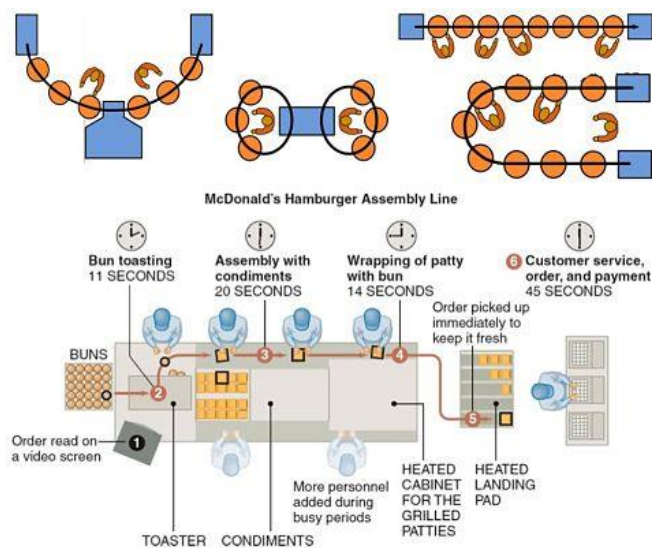


Figura 12.- Célula de un trabajador, múltiples máquinas [36].

1.5.7.4. Fases para el correcto desarrollo de una distribución de planta

Una correcta planeación sistemática de distribución de planta consta de cuatro fases, mismas que pueden superponerse una a otra:

Fase I: localización

En este punto se deberá decidir la localización que tendrá la planta que se va a distribuir. Si se trata de una planta enteramente nueva, se intentará conseguir una ubicación geográfica favorable en función de la satisfacción de determinados factores relevantes para la planta. Cuando se trate de una redistribución, se buscará determinar si la instalación se mantendrá en la ubicación actual o si se desplazará a una nueva nave o a una zona de parecidas características y potencialmente accesible.

Fase II: Plan de distribución general

Se establece el flujo de trabajo para el conjunto de las zonas a servir en la actividad a desarrollar, señalando además su superficie requerida, así como la relación entre las distintas zonas y la disposición de cada actividad principal, departamento o área, sin que se aborden en profundidad las cuestiones relativas a la distribución. Como consecuencia de esta fase se llegará a obtener un boceto o esquema a escala de la futura planta.

Fase III: plan detallado de distribución (PDD)

Supone la elaboración minuciosa del plan de organización y comprende la planificación de la localización de los distintos puestos de trabajo, además de cada pieza de maquinaria o equipo.

-Fase IV: instalación de la Distribución

Esta última fase implica los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van colocando los equipos y máquinas, para lograr la distribución en detalle que fue planeada. Esta fase final consiste en realizar los ajustes y cambios requeridos en

términos de desplazamientos e instalación de máquinas, de tal modo que se cumpla la distribución planeada previamente.

1.5.7.5. Métodos y herramientas empleados en la distribución de planta

Método SLP

Esta metodología de distribución en planta fue desarrollada por Richard Muther con el fin de ser utilizada en cualquier ámbito, no obstante, este método se ha destacado en el área industrial ya que permite la determinación, evaluación y visualización de los diferentes componentes que intervienen en el proceso y sus relaciones. Las etapas que componen el método SLP son las siguientes: definición, análisis, síntesis, evaluación, selección, implementación y seguimiento [37].

1.5.8. Análisis Carga-Distancia

El análisis carga-distancia consiste en analizar las ubicaciones con mayor capacidad de optimización mediante una comparación entre estas, haciendo uso de elementos cuantitativos, misma que se determina mediante la proximidad que tienen entre sí. La finalidad de la herramienta es conseguir una localización la cual minimice la totalidad de las cargas ponderadas que ingresan y salen de la fábrica, de este modo es posible calcular las distancias de tal forma que se escoja la más corta o la que la empresa crea conveniente [36].

1.5.9. Método de Guerchet

El método Guerchet permite obtener el valor de los espacios físicos necesarios para la disposición física, esto mediante el uso de áreas internas tanto de equipos como de máquinas. Prácticamente el método está conformado por la suma de tres superficies parciales las cuales son, superficie estática, superficie de gravitación y superficie de evolución [45]. El espacio total requerido (ST) se obtiene mediante la Ecuación [35].

$$ST = n (SS + SG + SE) \quad (4)$$

Donde:

- ST = superficie total
- Ss = superficie estática
- Sg = superficie de gravitación
- Se = superficie de evolución
- n = número de elementos móviles o estáticos de un tipo

Las superficies parciales del criterio de Guerchet son [29]:

Superficie estática (SS): Viene representada por el espacio en metros cuadrados que, de las máquinas y equipos, además para su cálculo se consideran todos los elementos que intervienen en su operación como palancas, bandejas, pedales, barreras, entre otros. Su cálculo se detalla en la Ecuación 5 [35].

$$Ss = LxA = (Largo \times Ancho) \quad (5)$$

Superficie gravitacional (SG): Hace referencia al área empleada por el operador y el material que este maneja en las diferentes operaciones alrededor de su puesto de trabajo. Esta se determina mediante la Ecuación 6, siendo N la representación numérica de los lados por donde se puede usar la máquina adecuadamente y Ss la superficie estática [35].

$$Sg = N \times Ss \quad (6)$$

Superficie de evolución (SE): Es la superficie existente entre los puestos de trabajo destinados al desplazamiento del personal, el equipo, los transportes y la salida de los productos o materia empleada, su cálculo se da mediante la Ecuación 7 [35].

$$Se = K (Ss + Sg) \quad (7)$$

Para su cálculo se hace uso de un coeficiente K , el cual representa la medida cuantificada de la relación entre las alturas de los elementos fijos y móviles, o también llamado coeficiente de evolución, como se indica en la Ecuación 8 [35].

$$K = \frac{hem}{2(hee)} \quad (8)$$

La media ponderada de las alturas de elementos móviles (hem) y media ponderada de las alturas de elementos estáticos (hee), se calcula mediante la ecuación 9 y 10 respectivamente [35].

$$h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^m Ai*n*h}{\sum_{i=1}^m Ai*n} \quad (9)$$

$$h_{EE} = \frac{\sum_{i=1}^s SSi*n*h}{\sum_{i=1}^s SSi*n} \quad (10)$$

Donde:

- h_{EM} : Altura media ponderada de los elementos móviles.
- h_{EE} : Altura media ponderada de los elementos estáticos.
- A_i : Área estática de cada elemento móvil.
- SS_i : Área estática de cada elemento estático.
- n : Número de elementos móviles o estáticos.
- h : Altura de elementos móviles o estáticos.
- m : Variedad de elementos móviles.
- s : Variedad de elementos estáticos.

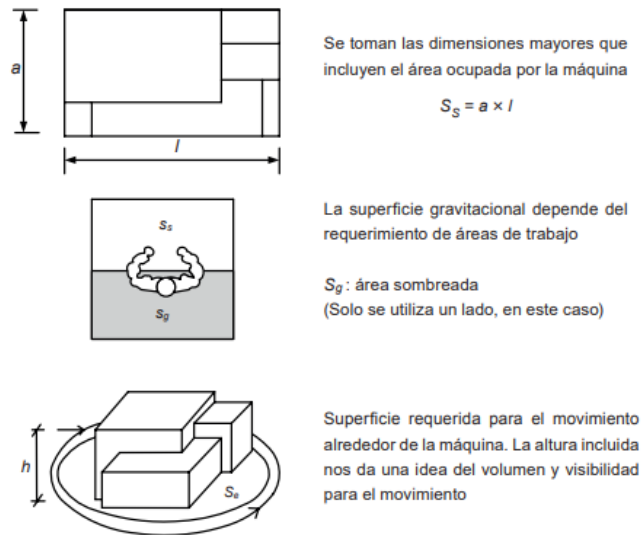


Figura 13.- Ilustración de las superficies parciales

Para el mencionado índice k, existen diferentes estimaciones, mismas que varían dependiendo el tipo de industrial [35].

Valores de k según el tipo de industria

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

Coefficiente de evolución según el tipo de industria

1.5.10. Proceso Analítico Jerárquico

El método del Proceso Jerárquico Analítico (AHP) es un instrumento para la toma de decisiones que parte de la noción de un complicado problema con múltiples criterios susceptible de ser solucionado mediante la clasificación jerárquica de los problemas planteados. Es necesario efectuar valoraciones subjetivas sobre la importancia relativa de cada uno de los criterios y también de su preferencia en relación de cada una de sus

alternativas de decisión. Como fruto del AHP surge una estructura jerárquica que muestra la preferencia global respecto al conjunto de las opciones de decisión [46].

La metodología menciona una manera más ordenada del pensamiento analítico, de la cual se destaca los principios básicos:

- Principio de construcción de jerarquías.
- Principio del establecimiento de prioridades.
- Principio de la consistencia lógica.

Construcción de jerarquías

Para poder crear las jerarquías debemos saber el problema a fondo con sus posibles opciones, además de los elementos que afectan las decisiones y las alternativas que se desean llegar, entonces es necesario estructurar en forma clara el objetivo de la investigación, los criterios con sus subcriterios y las alternativas las cuales se representan en la figura 14 [46].

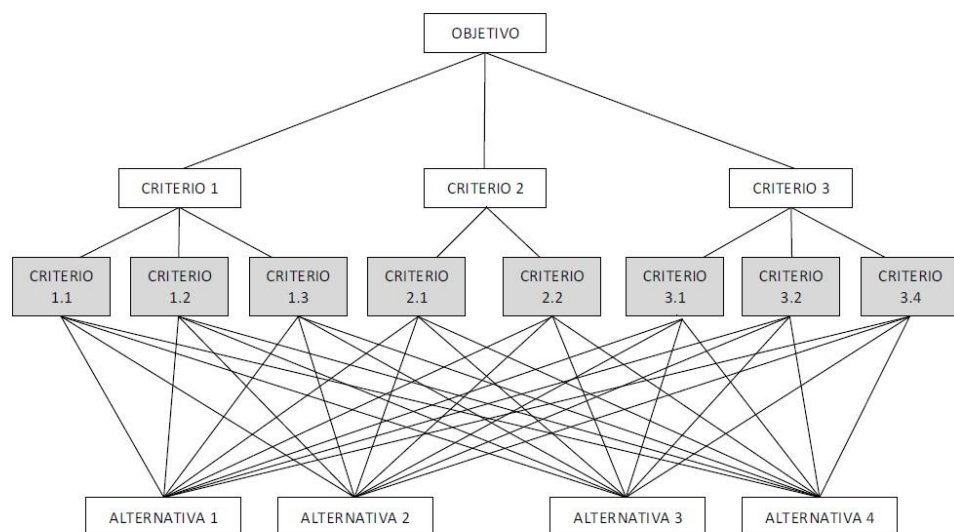


Figura 14.- Ciclo de un estudio de simulación

Ya definida la estructura jerárquica, se compara los criterios de cada nivel y la comparación directa según las alternativas al respecto a los criterios de bajo nivel, para lo cual se utiliza la escala fundamental demostrada a continuación[46].

Tabla 2 Escala fundamental de comparación de pares

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el criterio B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B esta fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

La comparación de diferentes alternativas con criterios en niveles más bajos de la jerarquía y diferentes criterios en el mismo nivel de la jerarquía da como resultado una matriz cuadrada llamada matriz de decisión. La matriz satisface reciprocidad ($a_{ji}=1/x$ si $a_{ij}=x$), homogeneidad ($a_{ij}=a_{ji}=1$ si i y j son igualmente importantes y $a_{ii}=1$ para todo i) y consistencia (la matriz no debe contener juicios contradictorios). La consistencia se logra utilizando el índice de consistencia (IC), donde λ_{max} es el valor propio más grande y n es la dimensión de la matriz de decisión. Un índice de consistencia igual a cero significa que la consistencia es completa. Cuando se obtiene el IC, se obtiene el índice de consistencia (CR), a menos que supere el valor dado en la tabla 4, se acepta. Si se excede el CR máximo en una matriz, los pesos deben ser reevaluados[46].

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Donde RI es el índice aleatorio, que inca la consistencia de una matriz aleatoria

Tabla 3 Índice aleatorio

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Tabla 4 Porcentaje máximo de la ratio de consistencia CR

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

1.5.11. Expert Choice

Es un software destinado a la toma de decisiones, el cual es empleado en la industria para casos de asignación de recursos, recursos humanos, evaluaciones administrativas, administración de la producción, evaluación de proveedores y formulación de estrategias. A pesar de que no se garantiza una respuesta certera, puesto que los elementos son comparados unos a otros y reduciéndolos a términos más sencillos, si se garantiza una respuesta confiable basada en la síntesis de la información relevante, el conocimiento y la experiencia [46].

1.5.12. Simulación de Eventos Discretos

Se denomina simulación al sistema de métodos y asociaciones que pretenden reproducir el funcionamiento de los sistemas reales a través de programas informáticos adecuados. Dentro de la simulación de eventos discretos podemos definir como el conjunto de las relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas con las que se integra el comportamiento de un sistema en estudio al ocurrir un determinado suceso, Por ejemplo, la toma de muestras del número de asistentes a un aeropuerto en un determinado espacio de tiempo, se puede simular esta variable con estimaciones ligadas a distribuciones de probabilidad que reflejan tal comportamiento. Para Un correcto desarrollo de una simulación es necesario seguir una serie de pasos, los cuales se exponen en la figura 15 [47].

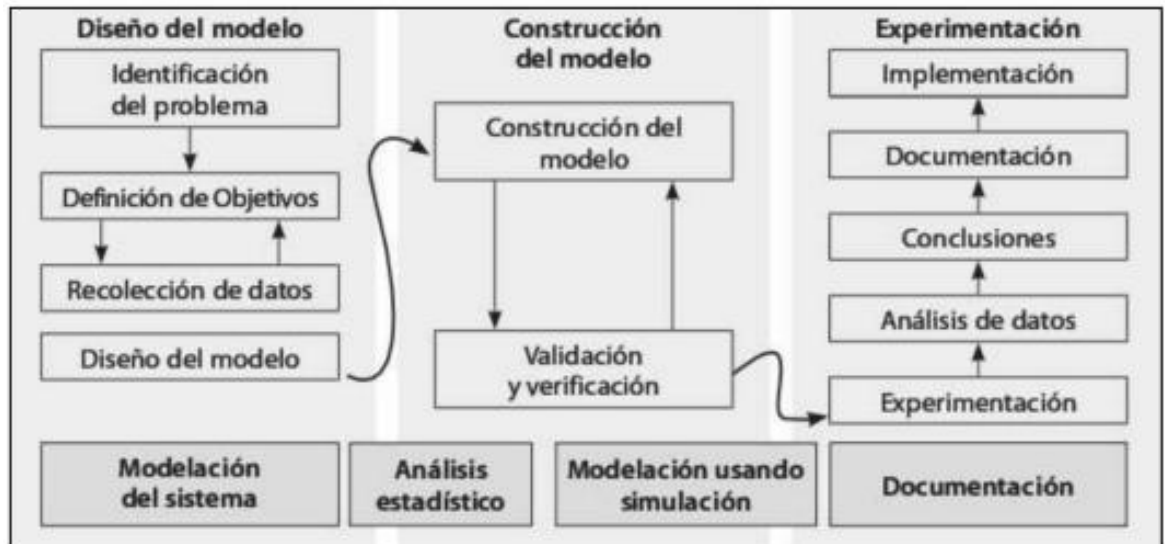


Figura 15.- Ciclo de un estudio de simulación [47].

1.5.13. Flexsim

Es un poderoso paquete de software, sin embargo, fácil de usar, que permite el modelado de simulación. Dispone de un motor de simulación rápido y preciso que se oculta tras los controles de arrastrar y soltar, las listas desplegadas y muchas otras funciones intuitivas que hacen que cualquiera pueda construir un modelo. Además, todos los modelos de simulación se elaboran a escala o se presentan mediante visuales 3D, de manera que resulta fácil ver y reconocer los cuellos de botella en la línea de producción u otras deficiencias dentro del sistema. Flexsim proporciona también a los encargados de la toma de decisiones los elementos necesarios para corroborar sus observaciones, con impresionantes informes y análisis de datos incorporados directamente en el software [48].

Terminología

- **Modelo de simulación:** Conjunto de objetos representativos de un determinado proceso industrial.
- **Flow ítems:** constituyen elementos que se desplazan por el modelo, y que pueden constituir artículos, componentes, ensamblajes, piezas y contenedores.
- **Objeto:** constituyen entidades las cuales presentan atributos y variables.

- **FixedResources:** objetos que crean, procesan o reciben flowitems, entre estos se tiene a queue, processors, separator, combiner, sources y sink.
- **TaskExecuters:** objetos móviles que desempeñan tareas asignadas, operators, transporter y robots.
- **Ports:** hace referencia al número de entradas, salidas y relaciones móviles que interactúan con un objeto, se clasifican en 3 tipos, Inputs Ports, Outputs Ports y Central Ports.
- **Tiggers:** permiten realizar acciones específicas en los objetos ante determinadas circunstancias.
- **ExpertFit:** es un software adicional a Flexsim, el cual permite obtener distribuciones de probabilidad de un conjunto de datos mediante pruebas de bondad de ajuste. Dicho complemento tiene una alta velocidad y precisión lo cual facilita y permite una aproximación fiel a la de un proceso real [48].

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Proponer un diseño de planta para la optimización del proceso de producción de calzado deportivo en la empresa “PANAMUS”.

1.6.2. Objetivos específicos

- Analizar los procesos para la elaboración de calzado deportivo en la empresa “PANAMUS”.
- Realizar un estudio de tiempos y movimientos del proceso de producción del calzado.
- Comparar la propuesta de diseño de planta con la distribución actual por medio de Simulación.








CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA


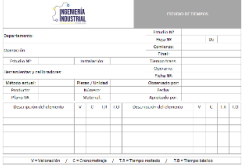
A continuación, se detalla el procedimiento para la consecución del presente trabajo de investigación:

2.1. Materiales

Los materiales utilizados para la elaboración del proyecto se detallan en la tabla 5, la cual se muestra a continuación.

Tabla 5.- Materiales empleados en el estudio

Materiales	Utilidad	Fotografía
Cámara Fotográfica	Toma de fotografías de procesos y evidencias de la empresa	
Flexómetro	Toma de medidas para la planimetría y análisis barios según la metodología a aplicar	
Microsoft Word	Software el cual documentara todo el trabajo.	
Microsoft Excel	Software de apoyo para la realización de desgramas estadísticos y diferentes métodos de análisis.	
AutoCAD 2020	Software de diseño 2d y 3d para la elaboración de planos y modelos en 3d de diferentes objetos.	
Expert Choice V11	Software de apoyo para la toma de decisiones y varios métodos de organización.	
Flexsim 2019	Software de simulación de los procesos tanto antiguos como propuestos.	

Materiales	Utilidad	Fotografía
Cronómetro	Herramienta para la toma de tiempos de los procesos de producción y administración.	
Ficha de registro de tiempos	Herramienta manual para la documentación de los tiempos existentes en la empresa.	

2.2. Métodos

La investigación que se realizó para el presente proyecto fue exploratorio y bibliográfico debido a que se empleó herramientas de búsqueda de información científica para una correcta elección de métodos a emplear como es el estudio de tiempos, cálculo de desempeño, cálculo de requerimiento de superficie, además de las diferentes ecuaciones matemáticas que fueron aplicadas al presente proyecto, finalmente se utilizó un método descriptivo pues se obtuvo resultados a fin de tener un punto de vista diferente en función del estado en el que se encuentra la empresa actualmente, para esto se utilizó los softwares Expert Choise para obtener la ubicación adecuada de la empresa y Flexsim para realizar la simulación de procesos la cual nos ayudó a obtener el rendimiento de la propuesta en la distribución de planta.

2.3.Modalidad de investigación

2.3.1. Investigación de campo

Se realizó una investigación de campo debido a que el proyecto requiere del levantamiento de información mediante la observación directa en la fábrica, así como la interacción de los procesos para la toma de la información y muestreo de datos, además se implementó un estudio de tiempos para un análisis de producción.

2.3.2. Investigación de bibliográfica – documental

La investigación bibliográfica se realizó por medio de documentos en línea, los cuales aportan información concreta acerca del tema de investigación, así como en libros virtuales donde están presentes los métodos y técnicas que se tomó en cuenta para la distribución de una planta de manera adecuada. Además de la sustentación de las ecuaciones matemáticas aplicadas.

2.4. Población y muestra

La población considerada en el estudio son todos los trabajadores de la empresa Panamus para el cual se observa a continuación:

Tabla 6.-Resumen el personal de la empresa

Sección	Personal
Gerente	1
Supervisor	2
Ventas	3
Administración	8
Bodega	1
Producción	5
Total	20

Debido a que es menor a 100 personas, la población se establece como muestra.

2.5. Recolección de información

La información necesaria para el desarrollo del proyecto de investigación se realizó en días laborables de lunes a viernes a partir de las 8:00 am hasta las 17:00 pm. Sin embargo, se utilizó técnicas de recolección de información como se observa a continuación.

Tabla 7.- Recolección de la información

Objetivos de la investigación	Actividades de la investigación	Técnica/Método	Instrumentos o herramientas
Analizar los procesos para la elaboración de calzado deportivo en la empresa Panamus.	Toma de datos de la empresa	Investigación bibliográfica Entrevista con gerente fundador de la empresa	Entrevista y apuntes tomados de los datos Organigrama empresarial
	Análisis del estado inicial de la empresa	Observación del proceso en fabricación	Ficha recolección de datos Listado de productos Históricos de ventas
	Descripción de los procesos	Observación del proceso en fabricación	Cursograma analítico de proceso
Realizar un estudio de tiempos y movimientos del proceso de producción del calzado.	Desarrollo de un estudio de tiempos	Método descriptivo	Ficha de estudio de tiempos
	Identificación de los procesos críticos o problemáticos en producción	Análisis del diseño del proceso	Ficha de registro de tiempos, movimientos y procesos
	Toma de datos de métodos a analizar	Análisis de flujo, diseño de proceso, diagrama de cuerdas	Cálculo de desempeño. Capacidad de producción. Cálculo de requerimiento de superficie
Comparar la propuesta de diseño de planta con la distribución actual por medio de Simulación.	Elaboración de un layout actual de la empresa y simularla	Simulación por medio de software	Diseño y análisis de flujo asistido por computadora
	Análisis de la simulación por medio de métodos según el nuevo flujo de los procesos	Análisis de flujo, diseño de proceso, diagrama de cuerdas	Diagrama de relaciones Criterios de Guerchet Diagrama de relaciones
	Comparación propuesta de planta y comparación con el modelo empleado en la actualidad	Técnicas de análisis de flujo	Cursograma analítico de la propuesta y actual.

Mediante la utilización de estos instrumentos y herramientas que fueron aplicados en el proyecto se pudo obtener los resultados deseados y mejorar la capacidad de producción de la empresa al igual de la disminución de tiempos muertos.

2.6. Procesamiento y análisis de datos

El procedimiento y análisis que se llevó a cabo en el proyecto se encuentra de la siguiente manera:

1. Recolección de la información de los procesos y datos empresariales.
2. Revisión de los datos tomados.
3. Interpretación de toda la información utilizado con fichas técnicas y análisis de datos con graficas.
4. Cálculo de las superficies requeridas para que la empresa cuente con un espacio adecuado y elimine los movimientos innecesarios. Además de las restricciones que tiene cada operación.
5. Simulación según los requerimientos y nuevos patrones de desplazamiento de materia prima a la empresa.
6. Análisis de los resultados comparándolos según el estado actual de la empresa.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Empresa de análisis

3.1.1. Datos generales de la empresa

La empresa Panamus inicio sus actividades desde febrero del 2013 en un negocio familiar. Se caracteriza por la fabricación de calzado deportivo de temporada, suministrado de este producto a las áreas de Guayaquil, Quito y diferentes puntos de la zona 3 del Ecuador.

Misión

Construir una empresa líder en calzado deportivo para damas, hombres y niños de todas las edades a precios accesibles para la comunidad, con una gran relación y servicio de atención al cliente tanto como la gerencia y empleados de toda la empresa permitiéndonos una expansión por todo el país satisfaciendo permanentemente a la distinguida clientela ofreciendo la mejor calidad y al mejor precio. Además de dar empleo y formar nuevas alianzas con nuestro proveedores y trabajadores los cuales son el corazón y alma de la empresa.

Visión

Grupo Panamus será una empresa consolidada con personal profesional calificado y un sistema operativo solido teniendo clientes empresariales en todo ecuador y en nuevos mercados con la mejor satisfacción del cliente y una política de respeto, amabilidad, moral y responsabilidad de los empleados hacia los clientes comprometiéndonos con la calidad.

Ubicación

Grupo Panamus se encuentra ubicada en la parroquia Pinllo Av. Juan Adán Shuartz, como se puede apreciar en la figura 16

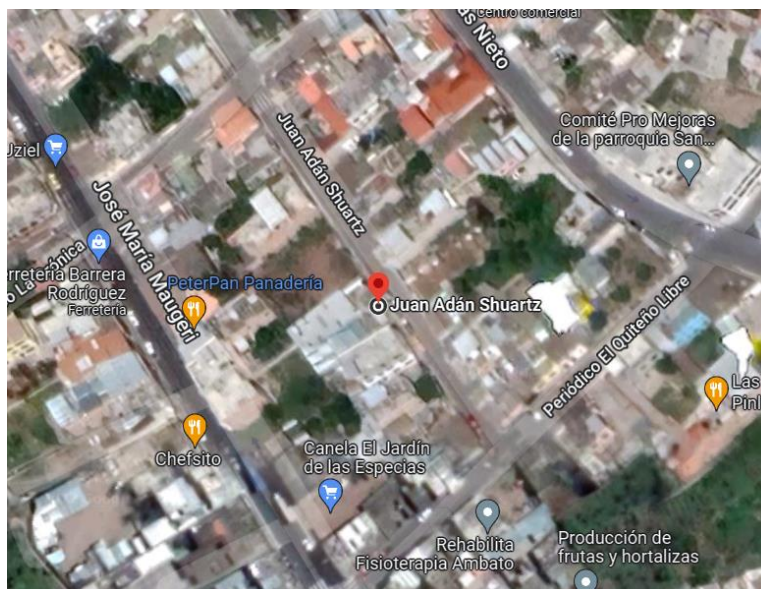


Figura 16.- Ubicación de la empresa [1].

3.1.2. Organigrama de la empresa

La empresa Panamus cuenta con cuatro niveles jerárquicos:

Nivel ejecutivo

Encabeza el gerente de la fábrica, entre sus funciones más primordiales es la toma de decisión, coordinación de producción, autorización de la cantidad a producir. Adicional se encuentra los asesores externos y secretaria los cuales cumplen con el objetivo de analizar las decisiones tomadas por el gerente para garantizar el cumplimiento de objetivos o dificultades al cumplirlos.

Nivel administrativo

Este departamento está dividido en tres secciones, la primera de ellas es Contabilidad, la cual se encarga de todos los asuntos legales con respecto a las ventas y costos de los productos fabricados. La segunda es la sección del personal administrativo se ocupa de mantener los procesos operativos y administrativos de manera adecuada para una correcta producción y finalmente el departamento de costos el cual se encarga de analizar el mercado e inversiones que se realizan en la búsqueda de nuevos modelos y materiales para la aplicación.

Departamento de producción

El departamento es encargado de la producción de zapatillas deportivas respetando las características del calzado estipuladas por el área de ventas y gerencial, además una vez fabricado el calzado pasa un proceso de control de calidad el cual revisa y corrobora que las zapatillas cuenten con los ítems requeridos.

Departamento de Ventas

Se encarga de las ventas a los distribuidores autorizados además de la venta al público en varios puntos de venta provenientes de la fábrica. En la figura 16 se detalla el organigrama funcional de la empresa Panamus:

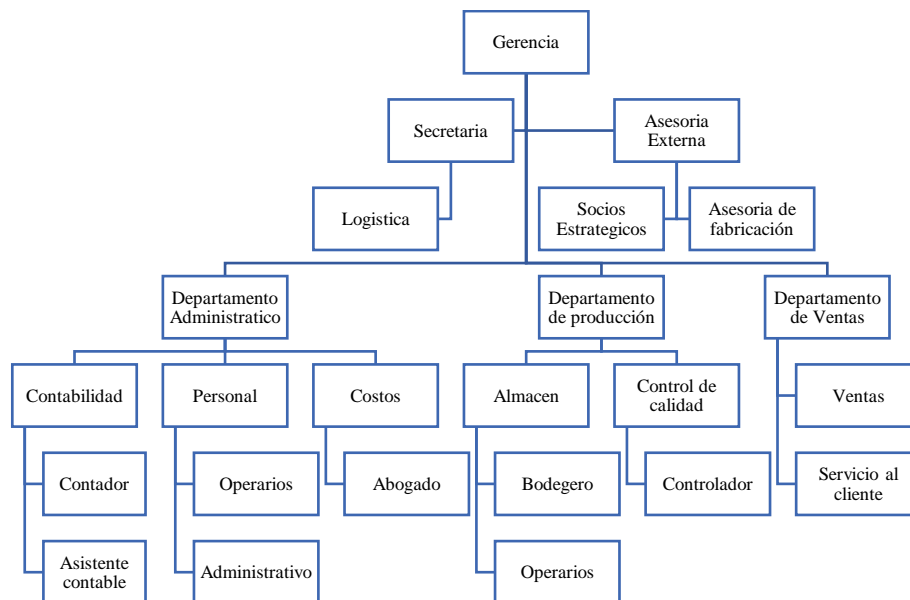


Figura 17.- Organigrama funcional

Distribución actual de la empresa

La empresa Panamus cuenta con una sola planta de producción, estas se dividen en varias áreas de trabajo que se detallan a continuación:

- Área administrativa
- Bodega de adornos y decoración

- Bodega de material textil
- Bodega de producto terminado
- Proceso de troquelado
- Proceso de corte
- Proceso de estampado
- Proceso de empastado
- Proceso de strobel y jareteado
- Proceso de pegado
- Proceso de terminado

La empresa cuenta con un área de producción de $137.82 m^2$, en la cual se desarrollan las actividades administrativas y de producción, adicional estas cuentan con las bodegas de materia prima y producto terminado como se puede observar en la figura 17 y anexo 1.

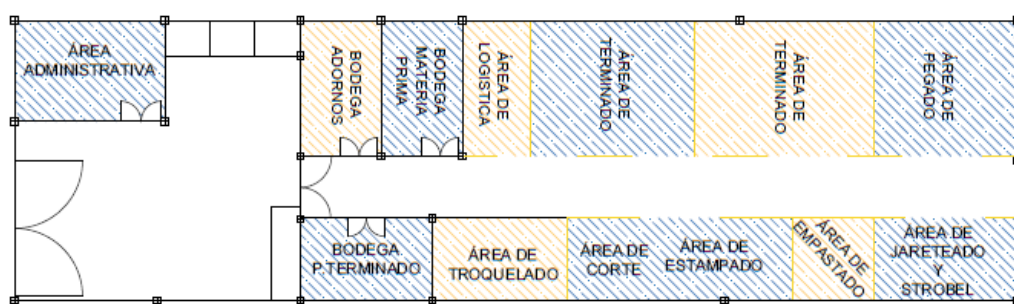







Figura 18.- Áreas de producción de la empresa

3.1.3. Productos

La empresa cuenta con varios productos que salen al mercado, estos cambian según la temporada del año en la que se encuentre y la talla del calzado, por este motivo, se fabrican con lotes según los pedidos que los clientes soliciten además de contar con un stock adicional que se vende en diferentes áreas de las ciudades, el presente estudio se enfoca en los productos que tienen mayor demanda del mercado según los datos que fueron otorgados por la empresa estos productos se puede observar en la tabla 8.

Tabla 8.- Listado de productos según el modelo

Modelo	Descripción	Fotografía
Económico	Zapatilla elaborada con materiales de calidad media, con detalles fáciles de colocar y producción rápida	
Intermedio	Zapatilla con calidad media, suela especial para el deporte y mejores detalles	
Moda	Zapatilla en auge de ventas debido a su facilidad de ingreso en el mercado, su elaboración es rápida y con detalles selectivos.	
Escolar	Al igual que la zapatilla económica es fácil de elaborar y sus materiales son de calidad baja, esta zapatilla se caracteriza por su color totalmente en blanco	
Infantil	Zapatilla de calidad media para el mercado infantil, este producto es de baja demanda.	

3.1.4. Análisis ABC de productos

El análisis ABC consiste en clasificar los productos mediante el método de segmentación, el presente proyecto se enfoca en los productos con mayor demanda. Para realizar este método el departamento de ventas ha proporcionado la información de las ventas realizadas desde enero del 2020 hasta el mes de abril del 2022 como se puede observar en la tabla 9 en el cual se clasifica el tipo de zapatilla y la cantidad de docenas vendidas en dicho periodo.

Tabla 9.- Historial de ventas de la empresa Panamus

Año	Mes	Intermedio (Docenas)	Económico (Docenas)	Moda (Docenas)	Escolar (Docenas)	Infantil (Docenas)
2020	ENERO	30	40	5	5	3
	FEBRERO	35	21	7	5	3
	MARZO	27	46	3	8	4
	ABRIL	31	41.5	6	9	5
	AGOSTO	5	44.5	4	10.5	6
	SEPTIEMBRE	28	47.5	9	12	4

Año	Mes	Intermedio (Docenas)	Económico (Docenas)	Moda (Docenas)	Escolar (Docenas)	Infantil (Docenas)
	OCTUBRE	32	50.5	8	13.5	8
	NOVIEMBRE	3	53.5	5	15	5
	DICIEMBRE	29	56.5	12	16.5	1
2021	ENERO	33	59.5	18	18	3
	FEBRERO	40	62.5	19	19.5	4
	MARZO	30	68	20	21	5
	ABRIL	34	69	21	22.5	6
	MAYO	30	71.5	23	24	1
	JUNIO	31	74.5	27	25.5	2
	JULIO	35	77.5	28	27	4
	AGOSTO	15	80.5	5	28.5	7
	SEPTIEMBRE	52.2	24	25	0	5
	OCTUBRE	40	60	23	14.5	1
	NOVIEMBRE	39	56	20	12.5	2
	DICIEMBRE	43	55	15	11	3
2022	ENERO	20	54	0	6	10
	FEBRERO	5	48.5	22	28	11
	MARZO	28.5	97.5	18	33	24
	ABRIL	43	126	55	26	24
Total, de docenas vendidas		738.7	1485	398	411.5	151

En la tabla 9 se detalla los artículos clasificados según su talla, la cantidad que se ha vendido y la valoración obtenida al aplicar la ecuación 11.

$$\text{Valoración} = \text{Cantidad Vendida (unidades)} * \text{Costo Unitario (\$)} \quad (11)$$

Tabla 10.- Ventas de la empresa Panamus del 2020 hasta 2022

Modelo	Unidades Vendidas	Precio Unitario	Valoración
Intermedio	8864.4	\$ 9.00	\$ 79,779.60
Económico	17820	\$ 8.00	\$ 142,560.00
Moda	4776	\$ 7.00	\$ 33,432.00
Escolar	4938	\$ 6.50	\$ 32,097.00
Infantil	1812	\$ 5.50	\$ 9,966.00
Total	38210.4		\$ 297,834.60

Una vez calculado el total de ventas de los artículos según la talla se procede a calcular el índice de participación y participación acumulada según la ecuación 12 y 13 respectivamente, teniendo como resultado los datos de la tabla 11.

$$\text{Índice de participación} = \frac{\text{Valoración}}{\text{Total de Valoración}} * 100 \quad (12)$$

$$\text{Participación Acumulativa} = \% \text{ Participación } i + \% \text{ Participación } i - 1 \quad (13)$$

Tabla 11.- Participación de productos

Modelo	Unidades Vendidas	Precio Unitario	Valoración	Índice de Participación	Participación Acumulada
Económico	17820	\$8.00	142,560.00	48%	48%
Intermedio	8864.4	\$9.00	\$79,779.60	27%	75%
Moda	4776	\$7.00	\$33,432.00	11%	86%
Escolar	4938	\$6.50	\$32,097.00	11%	97%
Infantil	1812	\$5.50	\$9,966.00	3%	100%
Total	38210.4		\$297,834.60	100%	

Al aplicar la segmentación según el criterio ABC, donde el Grupo A son los productos con mayor demanda con un índice de participación del al 85 %, el Grupo B con una participación de 15% y Grupo C del 5% de participación. Esta segmentación de productos se observa en la tabla 12 y figura 18.

Tabla 12.- Análisis ABC

Modelo	Unidades Vendidas	Participación Acumulada	Tipo de Producto
Económico	17820	47.9%	A
Intermedio	8864.4	74.7%	A
Moda	4776	85.9%	B
Escolar	4938	96.7%	B
Infantil	1812	100.0%	C

3.3.5. Diagrama ABC

El análisis o clasificación de este diagrama se caracteriza por la segmentación y administración de intervalos los cuales se basan en el principio de Pareto, clasificando así los productos según la rentabilidad y participación según las ventas generadas por la empresa como se puede apreciar a continuación.

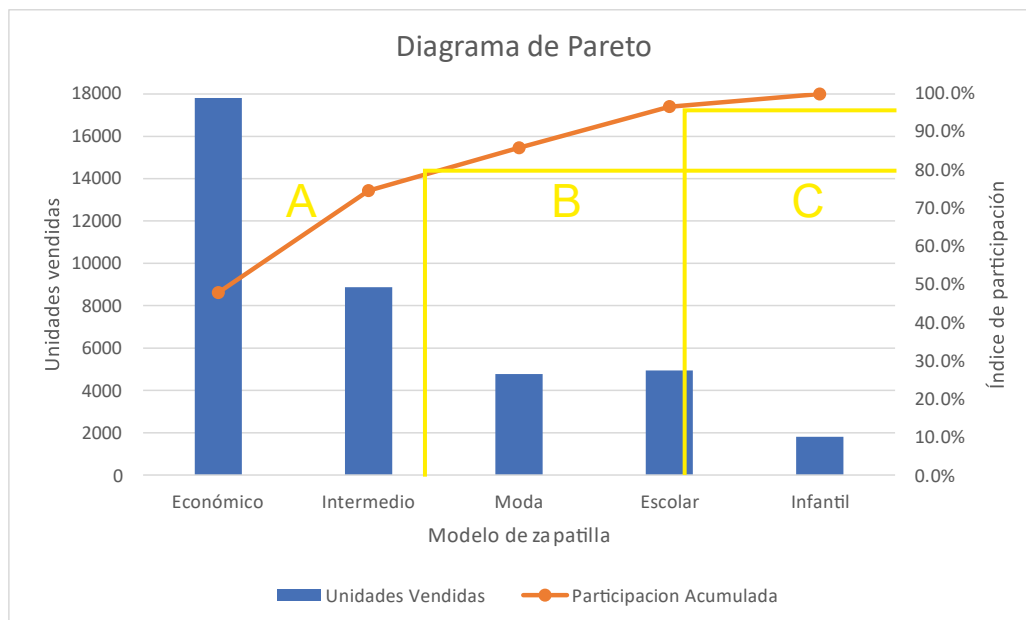


Figura 19.- Diagrama ABC

Como se puede observar en la figura 19 del diagrama ABC los productos denominados económico e intermedio pertenecen al grupo A con el 75% de participación acumulativa, el producto moda pertenece al grupo B con el 22% de participación y finalmente los productos escolar e infantil se encuentran en el grupo C con una participación del 3 %, es así que se tomara en cuenta los productos económico e intermedio para el estudio. Índice

Recorrido de la empresa

La empresa cuenta con una serie de procesos los cuales se clasifican en diferentes áreas como es área de corte, estampado, empastado, strobel, jareteado, rayado, pegado y terminado, estos están distribuidos de manera lineal como se puede observar en el anexo 3 el cual expresa el flujo del proceso de elaboración del calzado, el mismo se encuentra a final del documento.

Descripción de los procesos de Producción de calzado económico e intermedio

La empresa Panamus se divide en diferentes áreas administrativas y de producción, entre ellas se encuentra el área de corte, estampado, empastado, strobel, jareteado,

rayado, pegado y terminado; además cuenta con 3 bodegas las cuales se clasifican en bodega de materia prima, bodega de adornos y bodega de productos terminados.

Área administrativa

Esta área es encargada de las ordenes de producción y control de inventario, además se caracteriza por estar a cargo de las bodegas y procesos abastecidos por medio de un análisis de inventario de los ítems requeridos para la fabricación del calzado. Además, esta área es encargada de analizar y generar las órdenes de producción, debido a que engloba el departamento de ventas.

Ingreso de materia prima

La materia prima que ingresa a la fábrica es suministrada para las diferentes áreas de producción de la empresa. Entre los materiales principales se encuentran los sintéticos, plantillas, artes decorativas y pasadores, los cuales son entregados antes de la jornada laboral o cuando el operario los requiera. Los materiales son almacenados en dos bodegas diferentes estos son bodega de material textil y bodega de decorativos o adornos como se puede observar en la figura 20 respectivamente.

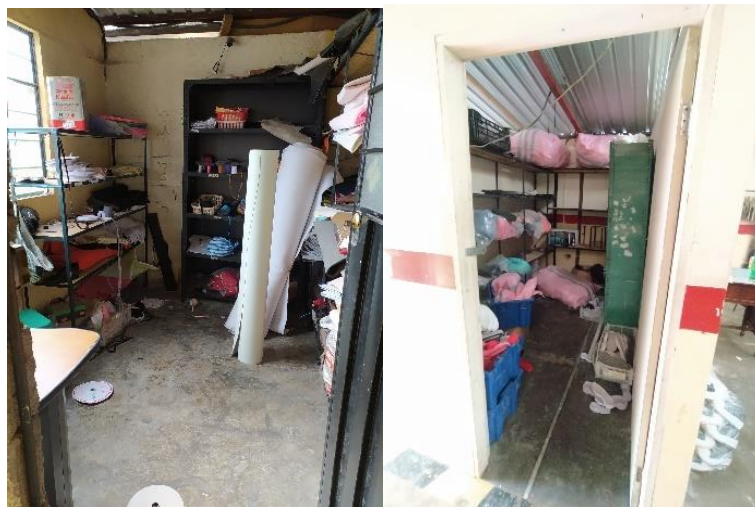


Figura 20.- Bodegas de materia prima

Proceso de troquelado

La máquina troqueladora suministra los ítems a las diferentes áreas de producción como son las plantillas, puntas, posteriores, acabados y cartón de terminado, estas son requeridas según las características y la cantidad de zapatillas a fabricar. Esta máquina funciona de manera neumática, cortando las partes seleccionadas por medio de corte por molde o matriz como se puede observar a continuación.



Figura 21.- Troqueladora

Procesos de corte

La persona a cargo del corte del material sintéticos realiza un corte con herramientas manuales (estiletes y tijeras) el cual se guía mediante los moldes predeterminados según el modelo y características de las zapatillas a fabricar como se puede observar en la figura 22, además se debe tener en cuenta la orientación de la zapatilla (derecho o izquierdo); las partes que son cortadas son bases y principales elementos de la zapatilla como forros y detalles de calzado.



Figura 22.- Corte de moldes

Proceso de serigrafiado

Se coloca el logo empresarial por medio del método de serigrafiado este consiste en pasar pintura acrílica por medio de una plantilla previamente acomodada y cortada como se observa en la figura 23, este proceso se encarga de aplicar un patrón de letras o signos con pintura acrílica en cada plantilla de las zapatillas.



Figura 23.- Serigrafiado de plantillas

Procesos de strobel

Costura del Corte

Después de tener todas las piezas cortadas y troqueladas se procede al armado de la base de la zapatilla, para dar la forma al calzado, este variará según el modelo y la talla de la zapatilla, además de su orientación sea izquierda o derecha. Este proceso consiste

en la costura o armado de la zapatilla a excepción de la plantilla como se puede observar en la figura 24.



Figura 24.- Costura de horma

Montaje de jareta

En este proceso se cose desde punta hasta el talón de la zapatilla. Además, se procede a coser el contrafuerte el cual consiste en colocar una tira de lona o piola como se puede observar en la figura 25 esta permite dar la forma y colocar la plantilla en una horma por medio de una máquina neumática.



Figura 25.- Empastado de zapatillas

Proceso de jareteado

Precalentado y montaje en horma

Previamente antes del montaje se precalienta las zapatillas en un horno el cual ayuda a que el material se ablande y permita armar con la horma; una vez calentada la zapatilla está ingresa a la máquina neumática la cual toma la jareta como se observa en la figura 26 y la hala hasta que se arma el calzado en el la horma, logrando así adaptarse a la forma que tiene la horma, sin embargo, esto se debe realizar con cuidado debido a que se puede romper la jareta y dañar la zapatilla.



Figura 26.- Proceso de jareteado

Proceso de rayado

Rayado de la suela

En este proceso se coloca el pegamento a la planta de la zapatilla y a la base del armado cómo se observa en la figura 27; La horma y la plantilla deberá esperar un tiempo debido a que el pegamento no actúa de inmediato, por lo tanto, se recomienda dejar reposando las partes un cierto tiempo para proseguir con el armado del calzado y conseguir una adherencia adecuada.



Figura 27.- Rayado de la zapatilla

Proceso de pegado

Inyección del corte

La zapatilla se envía por medio de un túnel el cual reactiva el pegamento, la maquina cuenta con un sistema de calefacción como se puede observar en la figura 28 el cual permite que el pegamento reaccione de manera homogénea. Está maquinaria realiza una reacción química con el pegamento, logrando una firmeza del mismo para un pegado adecuado, este proceso se utiliza principalmente para la fijación de la horma con la suela debido a que son uniones por pegamento evitando así coser la suela.



Figura 28.- Túnel de canalización

Prensado

La zapatilla ingresa a la prensa sorbetera para compactar toda la superficie de la zapatilla, esta máquina presionada presiona a la zapatilla uniformemente por toda su área por medio de un pulmón de caucho el cual fijará de manera adecuada la suela de la zapatilla a toda la horma ya previamente pegada por el operador. Sin embargo, la maquina solo puede presionar una zapatilla a la vez debido a que solo cuenta comuna pala de sellado como se puede observar en la figura 29.



Figura 29.- Prensa neumática sorbetera

Enfriado

Una vez compactada la plantilla a la zapatilla, pasa al túnel de enfriado como se puede observar en la figura 30 el cual dotara de firmeza al pegamento y enfría la horma de la zapatilla debido a que fue calentado previamente para el pegado, adoptando la forma de la horma.



Figura 30.- Túnel de enfriado para calzado

Procesos de terminado

Terminado

El terminado de la zapatilla se colocan diferentes partes como son las plantillas terminadas, pasadores, sublimados y cartón de terminado. Una vez armado con los acabados se realiza la limpieza del calzado, control de calidad y empaquetado del calzado; Es necesario utilizar gavetas plásticas debido a que facilita la clasificación y orden en el área de trabajo como se puede observar en la figura 31.

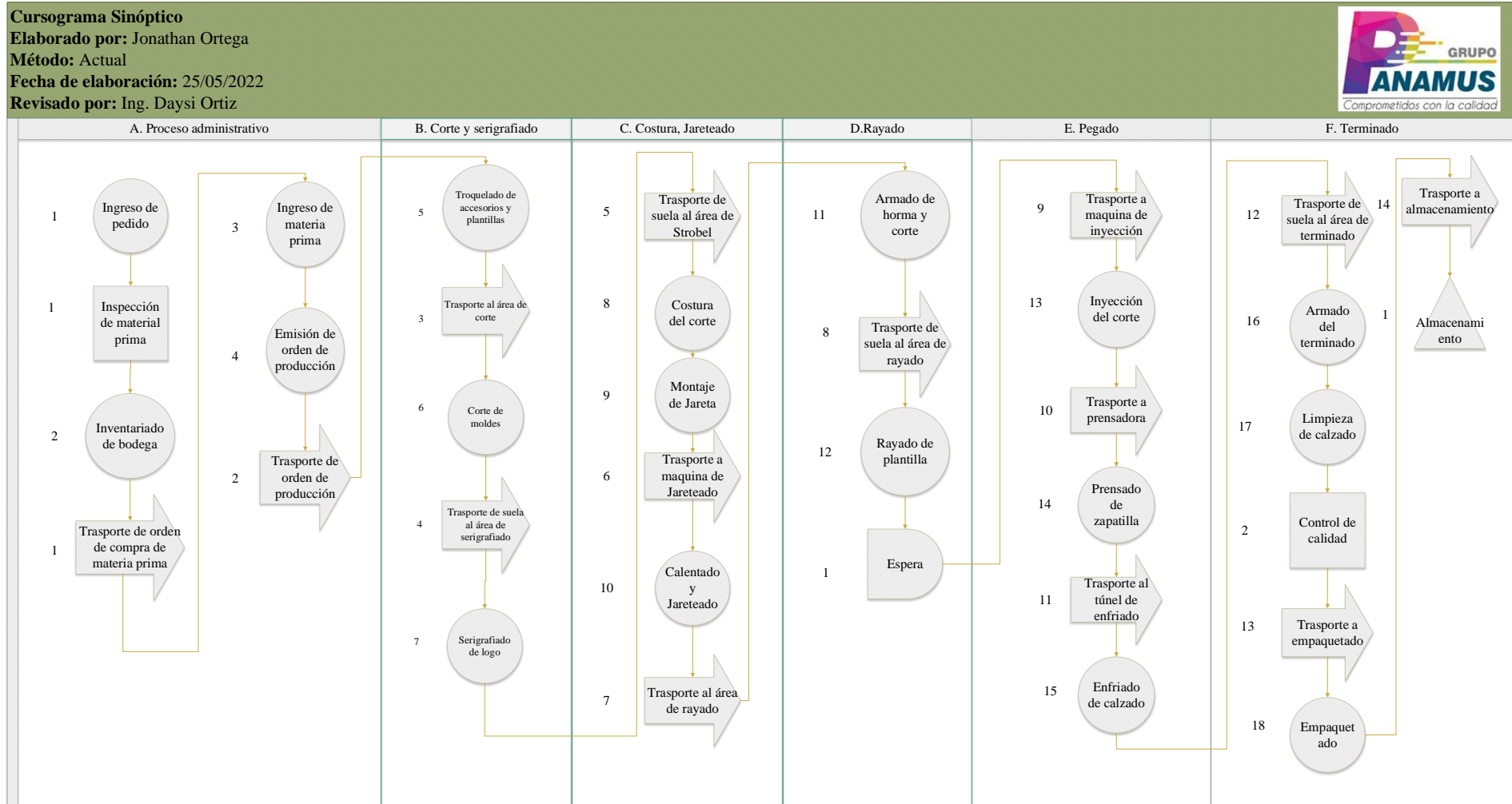


Figura 31.- Área de terminación del producto

Análisis del proceso productivo

Se ha utilizado el cursograma sinóptico donde se destaca la información más crítica de las actividades principales como son las operaciones, operaciones combinadas, inspecciones y transportes con simbología ISO, por lo tanto, es una forma organizada y secuencial de describir los procesos desarrollados para la elaboración del calzado deportivo.

Tabla 13.- Cursograma sinóptico



Según el análisis ABC se obtuvo como resultado que tanto el modelo económico y el modelo intermedio deben ser estudiados, estos se diferencian en la calidad de material de los elementos utilizados para su fabricación, por lo tanto, el proceso de fabricación es idéntico en los dos modelos, de tal manera se debe tomar en cuenta para el estudio un solo proceso.

Cursograma analítico

El cursograma analítico es una herramienta más detallada que el cursograma sinóptico ya que se utiliza para visualizar los procesos, distancia y tiempos; Debido que añade mayor información como es el tiempo transcurrido por cada actividad y la distancia recorrida entre operaciones.

En la tabla 14 se muestra el cursograma analítico de la situación actual del proceso de fabricación de calzado deportivo que está formado por 36 actividades, las cuales 18 son operaciones, 2 inspecciones, 14 trasportes, 1 espera y 1 almacenamiento, el tiempo que se requiere para todos los procesos de 1 lote es de 1695 segundos lo que representa 27.08 minutos de trabajo con una distancia recorrida de 25.7 metros y un tiempo destinado para el transporte de 165 segundos que representa 9.7% del tiempo total de horas de producción, este recorrido es calculado para 1 lote de 25 pares de zapatillas, en las actividades se debe completar todo los lotes de 25 unidades para pasar a la siguiente estación, las actividades se realizan en horario matutino.

Tabla 14.- Cursograma analítico del proceso

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N°01 Diagrama N°:01		Operar.		Mater.		Maqui.			
Proceso: Fabricación de calzado deportivo		RESUMEN							
Fecha: 15/05/2022		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.			
El estudio Inicia:		●	Operación	18			0%		
Método: Actual: X Propuesto: _____		→	Transporte	13			0%		
Producto: Modelo económico e intermedio		■	Inspección	2			0%		
Elaborado por: Jonathan Ortega		◐	Espera	1			0%		
		▼	Almacenaje	1			0%		
		Total de Actividades realizadas		35			0%		
		Distancia total en metros		44			0%		
		Tiempo min/hombre		0			0%		
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Minutos	SÍMBOLOS PROCESOS				
					●	→	■	◐	▼
1	Ingreso de pedido	25		5.0	●				
2	Inspección de materia prima	25		4.0			●		
3	Inventario de bodega	25		3.0	●				
4	Trasporte de orden de compra de materia prima	25	9.9	1.0		→			
5	Ingreso de material Prima	25		3.0	●				
6	Emisión de orden de producción	25		2.0	●				
7	Trasporte de orden de producción	25	4.2	0.5		→			
8	Troquelado de accesorios y plantillas	25		5.0	●				
9	Trasporte al área de corte	25	3.5	0.5		→			
10	Corte de moldes	25		1.3	●				
11	Trasporte de suela al área de serigrafía	25	1.7	2.0		→			
12	Serigrafiado de logo	25		1.0	●				
13	Trasporte al área de Strobel	25	2.6	0.5		→			
14	Costura del corte	25		1.1	●				
15	Montaje de Jareta	25		3.0	●				
16	Trasporte a maquina de Jareteado	25	2.7	0.5		→			
17	Jareteado	25		2.1	●				
18	Trasporte al área de rayado	25	3.3	0.7		→			
19	Armado de horma y corte	25		0.6	●				
20	Trasporte a percha de rayado	25	2.0	0.3		→			
21	Rayado de la platilla	25		1.1	●				
22	Espera de secago pegamento	25		4.0			◐		
23	Trasporte a la maquina inyectora	25	3.2	3.0		→			
24	Inyección del corte	25		0.6	●				
25	Trasporte a la prensadora	25	2.4	0.3		→			
26	Prensado de la zapatilla	25		4.0	●				
27	Trasporte al túnel de enfriado	25	4.0	0.3		→			
28	Enfriado del calzado	25		2.3	●				
29	Trasporte al área de terminado	25	2.5	0.5		→			
30	Armado del terminado	25		1.3	●				
31	Limpieza del calzado	25		0.3	●				
32	Control de calidad	25		0.3			●		
34	Empaquetado	25		0.4	●				
35	Trasporte al almacenamiento	25	2.5	0.6		→			
36	Almacenamiento	25		0.3				●	
Tiempo Minutos:		m	44.4	56.2	min				

3.2. Estudio de tiempos

Es una técnica de medición de trabajo la cual establece un estándar de tiempos permisibles para la elaboración de procesos determinados, en base a la medición del trabajo se considera las fatigas, las de demoras del personal y los retrasos inevitables.

El estudio de tiempos se realizó en base de los procesos de cada área de producción detalladas a continuación:

- Proceso administrativo
- Corte y serigrafiado
- Costura y Jareteado
- Rayado
- Pegado
- Terminado

Selección del operario

El número de operarios que fueron utilizados para cada actividad varia de 4 a 6 trabajadores de los cuales ha sido seleccionado para el estudio de tiempos al operario con mayor experiencia debido a que cumple con los procedimientos y con la destreza correcta para la elaboración del calzado.

Número de observaciones

El número de observaciones se realiza en base al criterio del método estadístico (OIT) mencionado en el capítulo 1 correspondiente al marco teórico, la fórmula 14 muestra el número de observaciones recomendadas para el estudio de tiempos en base al tiempo de ciclo de cada proceso.

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n'(2(\sum x^2) - (\sum x)^2)}}{\sum x} \right)^2 \quad (14)$$

$$n = \left(\frac{40\sqrt{5(119.2) - (24.4)^2}}{24.4} \right)^2 = 1.4 \cong 1$$

Como ejemplo se utilizó los tiempos del proceso de ingreso de pedido teniendo como resultado 1.4, por lo tanto, se debe tomar 1 observación. Los numero de observaciones obtenidas en se encuentran en el anexo 1 encontrado al final del documento.


3.3. Cálculo de desempeño

La empresa se caracteriza por tener empleados capaces de realizar los procesos en un tiempo adecuado, además se encuentra en proceso de contratación de nuevos empleados, debido a esto se toma en cuenta un desempeño del 90%, este valor es establecido por medio de la escala de ponderación del ritmo de trabajo como se puede observar en el capítulo I correspondiente al marco teórico, esto se realizó para cada área de producción.

Descripción de actividades


Una vez reunida toda la información se prosigue a descomponer los elementos de trabajo, esto se realiza en cada área de producción, dando una nomenclatura correspondiente a cada una de estas como se observa en la tabla 15.

Tabla 15.- Actividades de fabricación del calzado

	Descripción de actividades
Proceso:	Elaboración de calzado deportivo
Ingreso:	Cuero, plantillas, detalles textiles
Salida:	Zapatillas deportivas
Maquinaria:	Horno, prensadora hidráulica, horno túnel de enfriado y de catalizado
Nomenclatura	Detalle
A	Proceso administrativo
B	Corte y serigrafiado
C	Costura y jareteado
D	Rayado
E	Pegado
F	Terminado

La cantidad de observaciones y toma de tiempos que se realizó puede destacar que el ritmo de trabajo es de 100%, debido a que los trabajadores cuentan con una capacidad de producción adecuada, es así que se puede obtener el tiempo normal de cada actividad empleada para la fabricación del calzado deportivo mediante la ecuación 1, como se puede observar a continuación en la tabla 16.


Tabla 16.- Estudio de tiempos

 Descripción de actividades																	
Proceso:	Elaboración de calzado deportivo																
Ingreso:	Cuero, plantillas, detalles textiles																
Salida:	Zapatillas deportivas																
Maquinaria:	Horno, prensadora hidráulica, horno túnel de enfriado y de catalizado)	Ciclos (min)													Cálculos		
Nomenclatura	Detalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	\bar{x}	V	TN
A	Proceso Administrativo	18.5	18.3	17.8	17.5	18.1	17.6	18.1	18.1	17.3	16.1	16.3	18.1	18.0	17.7	1	17.670392
B	Corte y Serigrafiado	9.7	9.1	9.0	9.3	10.1	9.7	9.1	9.0	9.3	10.1	10.2	9.1	9.0	9.4	1	9.4378974
C	Costura y Jareteo	7.8	7.9	8.4	7.7	8.2	8.5	8.2	8.2	7.7	8.7	9.1	8.2	8.2	8.2	1	8.2011795
D	Rayado	6.0	6.3	6.2	6.9	5.6	6.1	6.3	6.2	6.9	6.0	5.9	6.3	6.2	6.2	1	6.2171795
E	Pegado	10.6	10.6	10.6	10.7	10.7	10.7	10.6	10.6	10.7	10.9	10.9	10.6	10.6	10.7	1	10.680923
F	Terminado	4.0	4.1	4.4	3.9	4.6	4.5	4.1	4.4	3.9	4.9	5.0	4.1	4.4	4.3	1	4.335241
															Tiempo de ciclo		56.54 min
															T. Man		49.27 min
															T.MAQ		7.33 min

Suplementos

Los suplementos son asignados mediante la tabla de valor ponderado de suplementos presentado en el marco teórico en el capítulo I, estos son tomados según las actividades desarrolladas. Los suplementos establecidos para cada área se encuentran en los anexos 1 al 10 teniendo como resultado la tabla 17 en la cual se muestra un resumen de suplementos de las áreas.

Tabla 17.- Suplementos de los procesos

		Resumen de Suplementos por proceso	
Proceso:	Elaboración de calzado deportivo		
Ingreso:	Cuero, plantillas, detalles textiles		
Salida:	Zapatillas deportivas		
Maquinaria:	Horno, prensadora hidráulica, horno túnel de enfriado y de catalizado		
Nomenclatura	Detalle	Suplemento	
A	Proceso administrativo	17	
B	Corte y serigrafiado	16	
C	Costura	15	
D	Jareteado	14	
E	Pegado	19	
F	Terminado	34	

Tiempo estándar

El tiempo estándar es calculado por medio de la ecuación 2 presente en el capítulo I de marco teórico, Además, se divide para el numero de pares de zapatillas que se produce. Para lo cual se tomó de ejemplo el proceso administrativo como se observa a continuación.


$$T_s = TN + TN * S$$

$$T_s = 17.7 + (17.7) * (0.17)$$

$$T_s = \frac{20.71 \text{ min}}{25 \text{ unidad}} = 0.83 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

El tiempo estándar para las operaciones se resumen en la tabla 18 dónde se puede observar la actividad que conlleva a un cuello de botella, por lo cual para tener una información más clara se debe estandarizar las unidades, es decir, transformar el tiempo de ciclo por cada zapatilla fabricada obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 18.- Resumen de estandarización de unidades

							
Resumen de tiempos estándar							
Proceso	\bar{x}	V	TN	S	TN*S	TS	TS (min/unidad)
Proceso Administrativo	17.7	100%	17.70	0.17	3.01	20.71	0.83
Corte y Serigrafiado	9.40	100%	9.40	0.16	1.50	10.90	0.44
Costura y Jareteo	8.20	100%	8.20	0.15	1.23	9.43	0.38
Rayado	6.20	100%	6.20	0.14	0.87	7.07	0.28
Pegado	10.68	100%	10.68	0.19	2.03	12.71	0.51
Terminado	4.30	100%	4.30	0.34	1.46	5.76	0.23
	Tiempo de ciclo			56.48		66.58	2.66

3.4. Capacidad de producción

La capacidad de producción fue determinada según el cuello de botella identificado durante todo el proceso de manufactura de calzado; observamos que en la tabla 16 el proceso administrativo tiene un valor de $0.83 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$ por lo que, es el que marca la capacidad de producción del proceso completo.

Capacidad diaria

$$Cp = \frac{1}{TS}$$

$$Cp = \frac{1}{0.83 \left(\frac{\text{min}}{\text{unidad}} \right)}$$

$$Cp = 1.204 \left(\frac{\text{par}}{\text{unidad}} \right)$$

$$Cp = 1.204 \left(\frac{\text{unidad}}{\text{min}} \right) * 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{h}} \right) * 8 \left(\frac{\text{h}}{\text{día}} \right)$$

$$Cp = 577.92 \left(\frac{\text{unidad}}{\text{día}} \right)$$

Capacidad semanal

$$Cp = 577.92 \left(\frac{\text{unidad}}{\text{día}} \right) * 5 \left(\frac{\text{días}}{\text{semana}} \right)$$

$$Cp = 2889.6 \left(\frac{\text{unidad}}{\text{semana}} \right)$$

Capacidad Mensual

$$Cp = 2889.6 \left(\frac{\text{unidad}}{\text{semana}} \right) * 4 \left(\frac{\text{semanas}}{\text{mes}} \right)$$


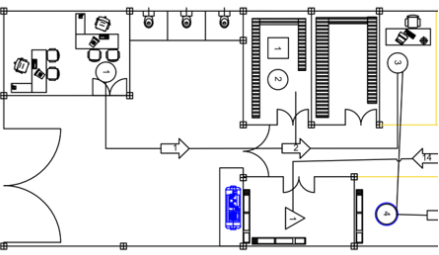
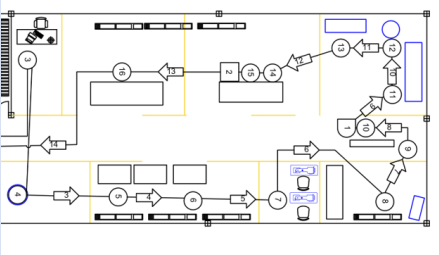
$$Cp = 11558.4 \left(\frac{\text{unidad}}{\text{mes}} \right)$$




Según la capacidad de producción que tiene la empresa es de 5779 pares de zapatillas al mes, que fue determinada según el cuello de botella identificado durante todo el proceso de manufactura de calzado, el cual es el proceso administrativo, sin embargo, la demanda requerida por la empresa es de 3184 pares de zapatillas, por lo que cumple con la demanda, sin embargo las condiciones de la capacidad de producción son ideales, entonces, es incierto la capacidad real de la empresa en función del estado de maquinaria y de personal.

Cumplimiento de los principios de la distribución de instalaciones

Los principios requeridos para la distribución de instalaciones van son relacionados a los objetivos planeados a la distribución de planta, estas se aplican según las políticas empresariales o según el grado de importancia que del planificador esto se comprende en el capítulo I de marco teórico teniendo como resultado la tabla 19.

Tabla 19 Principios de distribución de planta

Principio	Validez	Imagen descriptiva	Descripción	Justificación.
Integración de conjunto	No cumple		Indica que la más óptima distribución abarca a las personas operarias además de las máquinas utilizadas, para que haya un mejor compromiso entre éstas, por lo tanto, debe sincronizarse en un solo ente.	La distribución actual de la empresa no se realizó en orden, debido a las proporciones geométricas de la infraestructura no cuentan con un lugar adecuado de cercanía por lo tanto no están en sincronía con el proceso.
Mínima distancia recorrida	No cumple		La mejor distribución es la que el material recorre entre operaciones la distancia más corta posible.	Debido a las propiedades geométricas de la infraestructura las diferentes áreas de trabajo se encuentran alejadas entre sí provocando tiempos de desplazamientos innecesarios.
Circulación o flujo de materiales	Cumple		Ordenar las áreas de trabajo de manera que cada proceso se encuentre en un orden adecuado o en secuencia del ensamble del producto, por consiguiente, se desea ordenar los procesos.	Los procesos de producción en su mayoría se encuentran en un orden óptimo para la fabricación de calzado, sin embargo, existen ciertos detalles los cuales impiden su optimización.

Principio	Validez	Imagen descriptiva	Descripción	Justificación.
Principio de espacio cúbico	No cumple		Contempla la distribución como un ordenamiento de máquinas, hombre y servicios auxiliares las cuales ocupas deferentes dimensiones, se debe aprovechar el espacio libre existente	Debido a la geometría de las instalaciones, las áreas de procesos fueron ubicadas según la infraestructura y no se pudo modificar su geometría debido a que no es una propiedad a nombre de la empresa.
Satisfacción y seguridad	No cumple		Desea tener una constante distribución efectiva con la cual haga que el trabajo sea satisfactorio y seguro para los trabajadore, una vez encontrando una adecuada distribución se deberá concentrarse en la seguridad y riesgos que esta puede producirse para el operario.	El personal a cargo de las diferentes áreas no cuenta con un protocolo de orden y limpieza, por lo que los desechos generados son arrojados sal piso.
Flexibilidad	No cumple		Consiste en la minimización de costes innecesario al realizar una nueva reubicación o redistribución, lo que conlleva a la producción de un conste innecesario o rentable.	Debido a que la infraestructura en la ubicación actual de la empresa no es propia se considera que es óptima una selección de ubicación adecuada de las instalaciones.

Los principios de distribución de instalaciones mencionan los puntos a tener en cuenta para que la empresa pueda mejorar su producción minimizando los desperdicios en todo su sentido, para esto se menciona que la empresa en su distribución actual no cuenta con los principios de distribución, debido a que se encuentran en una infraestructura arrendada y los limita a mejorarla.

Layout actual de la empresa

A continuación, en la figura 32 nos muestra el layout actual de la empresa en esta se puede apreciar la forma geométrica que cuenta la empresa y como está distribuida la planta con las áreas administrativas y de producción.

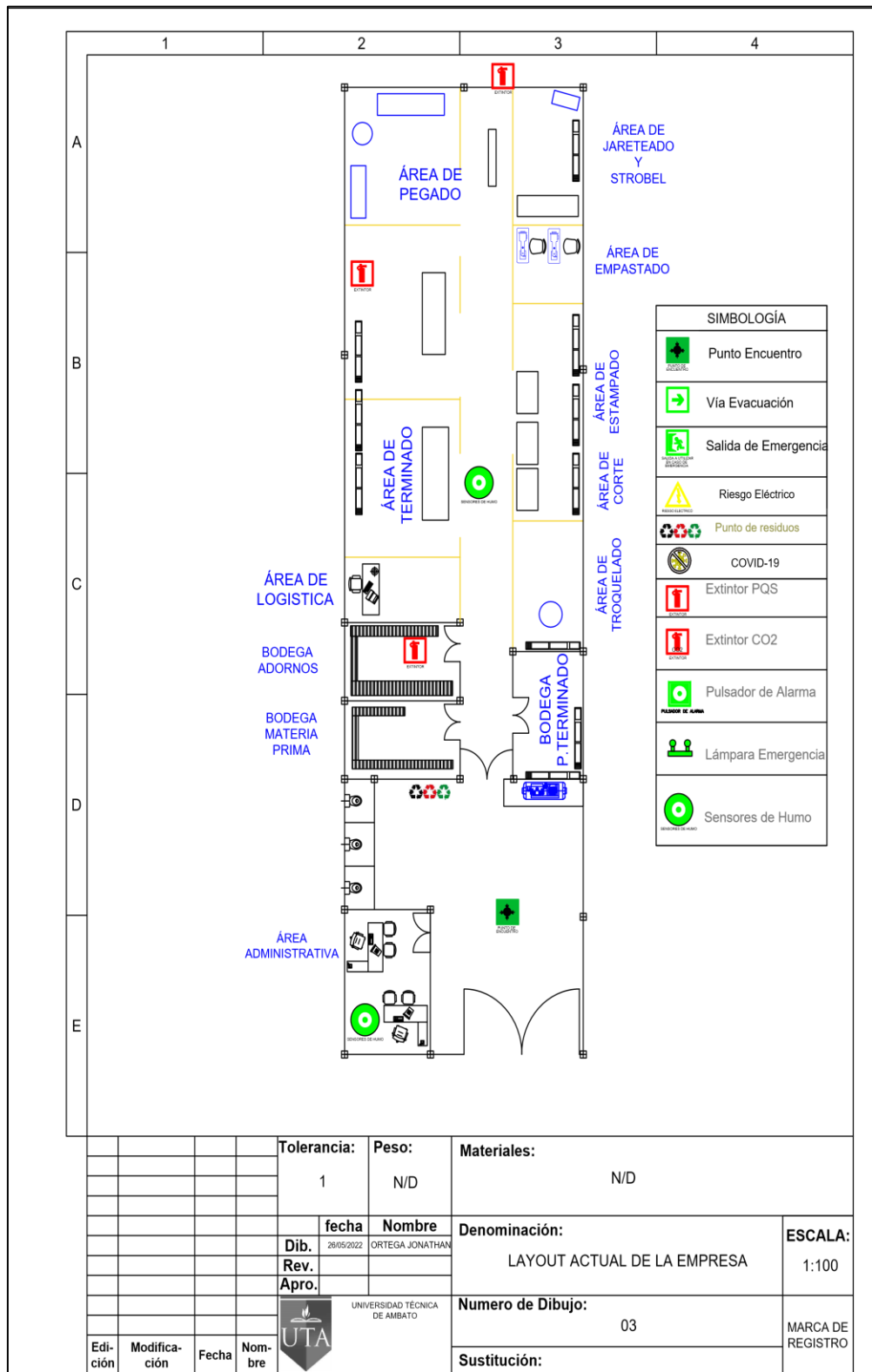


Figura 32.- Modelo jerárquico selección de una nueva ubicación de la empresa

3.5. Cálculo de requerimiento de superficie

La superficie total está formada por varias áreas de la empresa. Es decir, está conformada por las áreas administrativas como gerencia y ventas de donde salen las ordenes de producción. Además, cuenta con la superficie de producción la cual esta complementada por diferentes procesos como bodegas y áreas productivas.

3.5.1. Cálculo de la superficie de producción

Para la determinación de la superficie de producción se aplica el método de Guerchet el cual es un modelo que suma las superficies parciales de todo el sector de análisis. Estas son constituidas por los elementos fijos y elementos móviles que conforman la empresa.

3.5.2. Descripción de elementos estáticos o fijos (EF)

Este punto en específico permite hacer referencia a la maquinaria empleada durante el desarrollo de los procesos que permiten la manufactura de calzado. El área de estudio se comprende del área administrativa, corte y serigrafiado, costura y jareteado, rayado, pegado y terminado; lo que a su vez implica varias máquinas para el desarrollo del trabajo y/o manufactura. Estos elementos se muestran en la tabla 20.

Tabla 20.- Elementos estáticos

Elemento	Área Dimensión (h*a*l) m	Detalles
TROQUELADO		
Troqueladora	0,69 x 2,40 x 1,89	Margen de agarre: 5mm Alimentación: 13 KW Fuerza nominal: 250 KN
CORTE		
Mesa de trabajo	1,0 x 1,2 x 2,20	Material: madera chapada Recubrimiento: metal ASTM 1018 Patatas: metal (tubo cuadrado 40 x 40 x 3 mm)
SERIGRAFIADO		
Serígrafo	0,75 x 1,2 x 1,8	Material: Tubo cuadrado (40 x 40 x 2mm)
Compresor	0,95 x 1,1 x 2,40	Potencia: 2,5 Hp Motor: mono pistón Peso: 31,5 Kg Presión: 8 Bar
COSTURA		
Máquina de coser	0,30 x 0,29 x 0,36	Voltaje: 220 V Frecuencia: 60 Hz Amperaje: 0,6 A
MONTAJE		

Elemento	Área Dimensión (h*a*l) m	Detalles
Prensa Neumática	0,43 x 0,90 x 1,10	Voltaje: 220 V Frecuencia: 60 Hz Amperaje: 0,6 A Pistón: Monofásico
PRECALENTADO Y MONTAJE		
Túnel catalizador	0,60 x 1,50 x 1,75	Voltaje: 220 V Frecuencia: 60 Hz Amperaje: 0,6 A Potencia: 2,2 Kw
PRENSADO		
Prensa sorbetera	1,20 x 1,28 x 1,92	Voltaje: 220 V Frecuencia: 60 Hz Amperaje: 0,6 A Peso: 1500 Kgf Potencia: 2,23 KW
ENFRIADO		
Túnel de enfriado	0,93 x 1,50 x 1,65	Voltaje: 220 V Frecuencia: 60 Hz Amperaje: 0,6 A Potencia: 2,2 Kw
TERMINADO		
Mesa de terminados	2 x 1,25 x 3,5	Material: madera pino recubierta de metal Patas: metal (tubo cuadrado 40 x 40 x 2 mm)
Estantes	0,90 x 2,50 x 1,00	Material: madera pino recubierta de metal Niveles: 5 niveles

3.5.3. Descripción de elementos móviles

Entre los elementos móviles de la empresa tenemos a las cubetas de transporte de calzado, mismas que son impulsadas por los operadores de la planta. Adicionalmente, se puede acotar una vez culminado el producto, este se transporta en automóviles hacia el destinatario y/o comprador final. Es necesario destacar que el valor de la altura promedio está definida por el tamaño promedio de los obreros, es decir la altura promedio y área requerida por las personas en Ambato-Ecuador es de 1,67 m de altura y $1.7m^2$ de área respectivamente.

3.5.4. Cálculo del coeficiente de evolución (K)

El coeficiente de evolución representa a la relación entre la altura media de todos los elementos móviles a la par de los estáticos. Como es lógico, el valor discrepa para cada una de las áreas de estudio pues la altura de los elementos es variada. Esta magnitud y/o valor se determina por medio de las ecuaciones 4 tomadas del marco teórico capítulo I.

$$ST = N (SS + SG + SE)$$

Cálculo de la superficie estática

Se utilizan las ecuaciones 5,6,7,8,9,10 respectivamente las cuales son tomadas del marco teórico capítulo I, esto permite la obtención de la superficie necesaria para la operación adecuada de la empresa.

$$SS = L \times A$$

$$SG = N \times SS$$

$$SE = K (SS + SG)$$

$$K = \frac{h_{EM}}{2 \times h_{EE}}$$

$$h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^m A_i \times n \times h}{\sum_{i=1}^m A_i \times n}$$

$$h_{EE} = \frac{\sum_{i=1}^s SS_i \times n \times h}{\sum_{i=1}^s SS_i \times n}$$

El cálculo con base en las ecuaciones mostradas con antelación se muestra en las tablas denotadas a continuación:

Tabla 21.- Cálculo de superficie estática

Superficie Estática SS			
Máquinas	Largo	Ancho	SS
Troqueladora	1.89 m	0.69 m	1.30m ²
Mesa de trabajo	2.2 m	1 m	2.20m ²
Serígrafo	1.8 m	0.75 m	1.35m ²
Compresor	2.4 m	0.95 m	2.28m ²
Máquina de Coser	0.36 m	0.3 m	0.11m ²
Prensa Neumática	1.1 m	0.43 m	0.47m ²
Túnel catalizador	1.75 m	0.6 m	1.05m ²
Prensa sorbetera	1.92 m	1.2 m	2.30m ²
Túnel de enfriado	1.65 m	0.93 m	1.53m ²
Mesa de terminados	3.5 m	2 m	7.00m ²
Estantes	1 m	0.9 m	0.90m ²

Tabla 22.- Superficie gravitacional

Superficie Gravitacional SG			
Máquinas	Lados Efectivos	Valor m^2	SGm^2
Troqueladora	1	1.30	1.30
Mesa de trabajo	2	2.20	4.40
Serígrafo	1	1.35	1.35
Compresor	1	2.28	2.28
Máquina de Coser	1	0.11	0.11
Prensa Neumática	1	0.47	0.47
Túnel catalizador	1	1.05	1.05
Prensa sorbetera	1	2.30	2.30
Túnel de enfriado	1	1.53	1.53
Mesa de terminados	2	7.00	14.00
Estantes	1	0.90	0.90

Es importante resaltar que los cálculos se manifiestan con base en todas las áreas de la empresa objeto de estudio. Por otro lado, para los elementos móviles como es el personal de trabajo sus valores del área, altura y número de elementos serán tomados desde la estandarización. Es decir, el área utilizada por el personal tendrá un valor de 1,7 metros cuadrados, la altura media ponderada será 1,67 metros y por último el de elementos móviles es igual al número que los estáticos, estos valores son obtenidos mediante estudios previos estadísticos los cuales indican el área requerida de una persona promedio de Ambato-Ecuador [2].

Tabla 23.- Superficie evolutiva

Superficie Evolutiva SE							
Máquinas	Área SSi (m2)	n	Altura (m)	Superior	Inferior	hEE	hEM
Troquelado							
Troqueladora	1.30	1	1.4	3.13	1.30	1.40	1.67
Corte							
Mesa de trabajo	2.20	1	1.2	2.64	2.20	1.20	1.67
Serigrafiado							
Serígrafo	1.35	2	1.2	3.24	2.70	1.14	1.67
Compresor	2.28		1.1	5.02	4.56		
Costura							
Máquina de Coser	0.11	1	0.29	0.03	0.11	0.29	1.67
Montaje							

Superficie Evolutiva SE							
Máquinas	Área SSi (m2)	n	Altura (m)	Superior	Inferior	hEE	hEM
Prensa Neumática	0.47	1	0.9	0.43	0.47	0.90	1.67
Precautado							
Túnel catalizador	1.05	1	1.5	1.58	1.05	1.50	1.67
Prensado							
Prensa sorbetera	2.30	1	1.28	2.95	2.30	1.28	1.67
Enfriado							
Túnel de enfriado	1.53	1	1.5	2.30	1.53	1.50	1.67
Terminado							
Mesa de terminados	7.00	2	1.25	17.50	14.00	1.39	1.67
Estantes	0.90		2.5	4.50	1.80		

Tabla 24.- Coeficiente de evolución, superficie parcial y total de producción

Coeficiente de Evolución	K	SE m ²	ST m ²
Troqueladora	0.59	0.90	3.505
Mesa de trabajo	0.69	4.54	11.138
Serigrafiado	0.73	1.96	9.318
Compresor		3.31	15.736
Máquina de Coser	2.84	0.61	0.830
Prensa Neumática	0.92	0.87	1.813
Túnel catalizador	0.55	1.16	3.255
Prensa sorbetera	0.64	2.97	7.578
Túnel de enfriado	0.55	1.69	4.757
Mesa de terminados	0.59	12.44	66.885
Estantes		1.07	5.733
		TOTAL	130.55m ²

Con base en el análisis de los elementos móviles y estáticos se pudo calcular la superficie total la cual tiene que poseer una superficie de 130,55 m² y la empresa actualmente posee una superficie de 137.82 m², por lo cual satisface el requerimiento total de la producción, sin embargo, la empresa desea mantener el espacio administrativo debido a que es adecuado.

3.6. Estimación de superficie auxiliar

Este sector complementa el proceso productivo e incluye áreas como almacenes, cuarto de herramientas, vestidores, garaje, entre otros. En este estudio el espacio corresponde a las bodegas mediante el departamento administrativo se denominó que

el espacio de la bodega de producto terminado será más amplio debido a que en temporada escolar se requiere un espacio adicional para el producto terminado, sin embargo, el espacio para las otras bodegas de material se mantiene obteniendo como resultado lo siguiente:

- Bodega de adornos y decoración $5.7m^2$
- Bodega de material textil $5.7m^2$
- Bodega de producto terminado $5m^2$

Teniendo como resultado una superficie auxiliar de $16.4m^2$, sin embargo, según los términos pedidos de la construcción de una nueva infraestructura se desea apreciar un espacio adicional, debido al ingreso y producción de nuevos productos la superficie auxiliar adecuada para un área de almacenamiento será de $19.5m^2$ esto es destinado para el material y producto terminado según los términos detallados por el gerente de la empresa.

3.7. Localización de la nueva empresa

La elección de la ubicación se considera una decisión estratégica e implica la selección de una ubicación adecuada entre varias alternativas. La elección generalmente se basa en criterios como costo de las instalaciones, tiempo de respuesta, rentabilidad geográfica y proximidad a ubicaciones específicas que son atractivas al momento de adquirir finalmente un sitio. Sin olvidar el hecho de contar con la seguridad adecuada para las personas que deseen adquirir el producto. Es necesario destacar que para el traslado de la capacidad instalada de una empresa lo principal es la adquisición de materia prima y cómo el calzado deportivo puede ser adquirida por los compradores. Otro punto a tomar en consideración es la adaptación a las ordenanzas municipales, pues no solo es necesario buscar la rentabilidad del producto; si no buscar que con los estándares permisibles de seguridad industrial y ambiental. Por lo tanto, las opciones tanto criterios físicos y recomendaciones han tenido en cuenta los gerentes de la empresa para el proyecto se limitan a dos ubicaciones, una es el Parque Industrial Ambato y la otra es el Parque Industrial Santa Rosa.

A continuación, se muestra un análisis jerárquico ponderado sobre los factores de análisis para seleccionar el lugar más adecuado para la planta. Los puntos a considerar son los siguientes:

Tabla 25 Factores a tomar en cuenta ubicación nueva

Criterio	Subcriterio	Descripción
Proveedores de material	Cercanía de proveedores de suelas y tela.	Los proveedores destinados para la elaboración de las zapatillas deben estar lo más cerca posible a la planta nueva además de contar una movilidad adecuada del material.
	Cercanía de proveedores de decorativas y accesorios.	Los proveedores de tela, suelas y materia prima se deben adquirir en el centro de Ambato, además, los proveedores de accesorios y decoraciones de las zapatillas se encuentran en la parte norte de Ambato.
	Movilidad de materia prima.	
Seguridad	Seguridad del sector	La seguridad la cual se encuentra la empresa debe ser adecuado por lo que El parque industrial Ambato sector el pisque cuentan con una garita y varios procedimientos para la evaluación mitigación de peligros externos; además El parque industrial Santa Rosa no cuenta con seguridad comunal debido a que es un área en expansión y aun no cuenta con una organización comunal [27].
	Seguridad interna del parque industrial.	
Accesibilidad	Estado de las vías de acceso.	La accesibilidad de las ubicaciones debe ser adecuadas para que los empleados y clientes pueda acceder a la empresa sin problema; El parque industrial Ambato sector el pisque tiene varias rutas de acceso y acceso recientemente asfaltado, el parque industrial Santa Rosa se encuentra en las mismas condiciones que el sector el pisque sin embargo el acceso de entrada es lejano y tardado
	Entradas de acceso.	
	Distancia de recorrido desde vías públicas.	
Competencia de la zona	Cercanía de la competencia.	Las empresas de elaboración de calzado deportivo se encuentran en su mayoría en santa rosa debido a que se encuentran posicionadas adecuadamente, sim embargo en la parroquia del pisque no se encuentran posicionadas en el parque industrial.
	Relación entre empresas.	
Ruta de transporte	Líneas de buses recorridos.	La ruta de transporte debe ser adecuada para los trabajadores los cuales deben estar a la hora adecuada para entrar y salir al trabajo con un adecuado lapso entre transporte.
	Lapso de tiempo entre buses.	El parque industrial Ambato sector el pisque cuenta con varias líneas de transporte como la jerpazol, unión y libertadores, sin embargo, el sector de santa rosa no cuanta con transporte público.
Costo de terreno	Precio por metro cuadrado	Los valores a contemplar consultados mediante un promedio de costo con varios terrenos dando un valor por metro cuadrado: <ul style="list-style-type: none"> El parque industrial Ambato sector el pisque es de \$135 el metro cuadrado El parque industrial de santa rosa tiene un costo de \$93 el metro cuadrado promedio

Criterio	Subcriterio	Descripción
Normativa Gubernamentales	Normativa Ambiental	En el parque industrial sector el pisque no cuenta con una limitación de construcción, sin embargo, las empresas deben cumplir con su normativa.
	Requerimientos jurídicos de adecuación de instalaciones.	El parque industrial de santa rosa tiene como límite las empresas con un impacto ambiental moderado, según el impacto ambiental o registro ambiental requerido por la empresa [32].

Figura 33.- Modelo jerárquico selección de una nueva ubicación de la empresa



3.7.1. Establecimiento de prioridades del modelo

Una vez ya completa la jerarquía los principios de la metodología propone ordenar de manera analítica las matrices de comportamiento pareada de criterios y subcriterios para lo cual se emplea la escala fundamenta de comparación manifestado en el capítulo I, la misma fue analizada con los gerentes de la empresa según las necesidades recurrentes.

3.7.2. Prioridades criterios

LA tabla a continuación muestra la matriz de comparación de criterios del modelo de decisión, los valores introducidos serán en orden según la selección, estos cumplen con los requerimientos del proceso analítico jerárquico por lo cual estos tienen una ponderación según el criterio con más importancia que el otro, sin embargo, los criterios que tengan importancias equivalentes son igual a 1.

Tabla 26 Matriz de comparación pareada

Nueva Ubicación	Proveedores de material	Seguridad	Accesibilidad	Competencia de la zona	Ruta de transporte	Costo de terreno	Normativa Gubernamentales
Proveedores de material	1	1/4	3	1/3	1/7	1/2	1
Seguridad	4	1	7	4	1/4	1/4	1/7
Accesibilidad	1/3	1/7	1	1/9	1/7	3	2
Competencia de la zona	3	1/4	1/3	1	1/3	1	1
Ruta de transporte	7	4	7	9	1	3	1
Costo de terreno	2	4	1/3	1	1/3	1	9
Normativa Gubernamentales	1	7	1/2	1	1	1/9	1
TOTAL	18.33	16.64	19.17	16.44	3.20	8.86	15.14

La matriz de comparación pareada se analiza según los criterios que se obtuvieron ante la investigación y requerimiento de la gerencia, tomando en cuenta los criterios de la tabla 25 el cual menciona los factores a tomar en cuenta ubicación nueva de la empresa.

3.7.3. Matriz de prioridades

Se calcula el promedio simple de cada fila e indica el peso prioridad del peso educación, de igual modo obtenemos el peso de prioridad de todos los criterios para obtener el vector de prioridad de los criterios respecto del objetivo global, como se puede observar el criterio de ruta de transporte domina a todos los restantes criterios como se muestra a continuación.

Tabla 27 matriz de normalización de prioridades

Matriz normalizada								
Nueva Ubicación	Proveedores de material	Seguridad	Accesibilidad	Competencia de la zona	Ruta de transporte	Costo de terreno	Normativa Gubernamentales	PRIORIDAD
Proveedores de material	0.055	0.015	0.157	0.020	0.045	0.056	0.066	5.9%
Seguridad	0.218	0.060	0.365	0.243	0.078	0.028	0.009	14.3%
Accesibilidad	0.018	0.009	0.052	0.007	0.045	0.339	0.132	8.6%
Competencia de la zona	0.164	0.015	0.017	0.061	0.104	0.113	0.066	7.7%
Ruta de transporte	0.382	0.240	0.365	0.547	0.312	0.339	0.066	32.2%
Costo de terreno	0.109	0.240	0.017	0.061	0.104	0.113	0.594	17.7%
Normativa Gubernamentales	0.055	0.421	0.026	0.061	0.312	0.013	0.066	13.6%

3.7.4. Consistencia

Se comienza en la determinación λ_{max} para así encontrar el índice de consistencia mencionado en el capítulo 1, para este caso de la matriz de comparaciones pareadas obtenido por la multiplicación de matrices en Excel obtenemos que $\lambda_{max} = 2.082$, por lo cual aplicando la ecuación mencionada de Índice de consistencia

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1} = \frac{2.082 - 2}{2 - 1} = 0.08$$

De acuerdo a la tabla de índice de consistencia mencionado en el capítulo I, para n=5 es igual a 1.341, entonces aplicando la ecuación de razón de consistencia CR tenemos el siguiente resultado

$$CR = \frac{IC}{IA} = \frac{0.08}{1.341} = 0.06$$

Según el resultado obtenido nos menciona que la matriz tiene una inconsistencia admisible debido que si el CR es menos o igual a 0.1, por lo tanto, el vector de prioridad obtenido es válido.

3.8. Aplicación de Software de toma de decisión

Después de establecer la matriz de enfrentamiento y con un resultado admisible según los criterios y subcriterios analizados por la empresa se procede a ingresar la información en el software Expert Choice de toma de decisiones, determinando como objetivo de estudio la decisión de la nueva ubicación de la planta de fabricación de calzado como se presenta en la figura 34.



Figura 34.-Objetivo de análisis de toma de decisión en Software Expert Choice

Las alternativas de las nuevas ubicaciones son entre los parques industriales del Pisque y Santa Rosa anteriormente mencionado en la tabla 25 en donde se toma en cuenta la razón de cada factor al ser analizado, estas alternativas son basadas en los criterios anteriormente vistos por los gerentes como se muestra en la figura 35.

Alternatives: Ideal mode	
Parque Industrial Ambato (Pisque)	.584
Parque Industrial (Santa Rosa)	.416

Figura 35.-Alternativas sometidas a toma de decisión.

Los criterios y subcriterios de selección con sus ponderaciones se exponen en la figura 36.

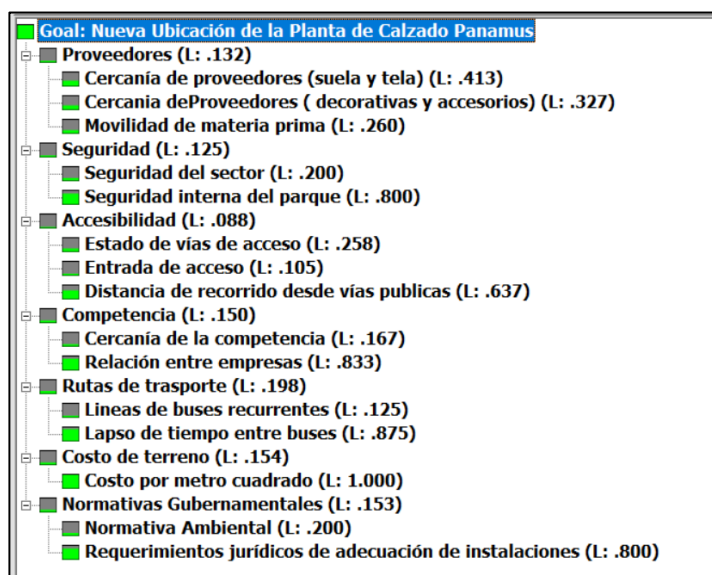


Figura 36.-Criterios a aplicar en la toma de decisión

3.8.1. Presentación de resultados

El software Expert Choice realiza el procesamiento matemático de los criterios de calificación de las dos alternativas en función de los criterios y subcriterios tomados al estudio por medio de la selección entre observador y gerente esto se presenta los resultados de la figura 37.

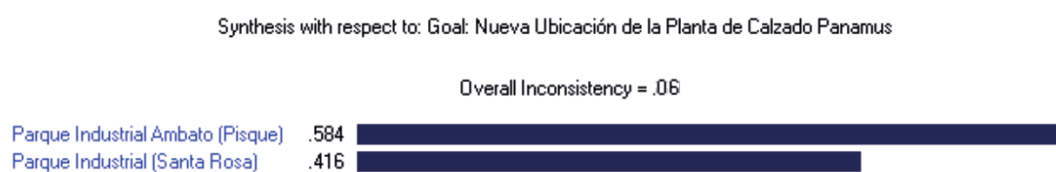


Figura 37.-Resultado del estudio

3.9. Interpretación de resultados

De acuerdo con el análisis de toma de decisión realizado en el software Expert Choice el lugar más factible para realizar el nuevo estudio de distribución de instalaciones es en el Parque Industrial de Ambato (PIA) ubicado en el sector del Pisque debido a que obtuvo un resultado favorable del 58.4% frente a la opción del parque industrial ubicado en Santa Rosa que alcanzó el 41.6%. El análisis de toma de decisión tuvo como resultado un índice de inconsistencia de 6%. Sin embargo, para los subcriterios

solamente se utilizó el software Expert Choise debido a que se realizó el analisis y ponderaciones según el requerimiento de gerencia en función de las alternativas del objetivo esto se presenta en los anexos 5 hasta el 11 respectivamente según el subcriterio y ponderación dada.

3.10. Consideraciones de Construcción.

Según la Ordenanza Municipal 300.68.1, rige el sector industrial en Ambato donde se menciona que el COS (coeficiente de adquisición de suelo, denominado como el porcentaje máximo permitido entre la superficie construida de planta baja y estática SS, la superficie superior del área de construcción de la planta baja) debe ser un porcentaje máximo del 60% [2], lo que significa que el área calculada de 130.55 metros cuadrados representa dicho porcentaje, entonces en realidad el tamaño real del terreno se calcula a partir de la siguiente ecuación.

$$0.6Dt + 0.4Dt = Dt \quad (11)$$

Donde, Dt es la dimensión total del terreno y (0,6Dt) es igual a 130,55 m² calculado anteriormente.

$$130,55 + 0.4Dt = Dt$$

$$130,55 = 0.6Dt$$

$$Dt = \frac{130,55}{0.6}$$

$$Dt = 217,58 \text{ m}^2$$

El espacio para la distribución de planta 217,58 m², de los cuales el 70% se destinará a la construcción de edificaciones y el 30% a vialidad y espacios verdes.

3.11. Distribución de instalaciones

El diseño de la fábrica incluye en la disposición del equipo y las áreas de trabajo involucradas en la producción de calzado. Este tipo de problema es inevitable, debido a que se observa a simple vista un cuello de botella por una mala ubicación, por lo que

el objetivo final es encontrar una distribución óptima que cubra las necesidades actuales.

Se aplican tipos de distribución dependiendo de la naturaleza del trabajo efectuado. En la actualidad, la empresa se acerca más una distribución por procesos, ya que las máquinas se acoplan según el trabajo que realizan, formando áreas de trabajo, y además están delimitadas y no segmentadas. La tabla 28 muestra el tipo apropiado de selección de la distribución que pertenece el proceso de fabricación del calzado.

Tabla 28.- Tipo de distribución

Tipo de distribución	Validez	Justificación
Por Producto	No aplica	La distribución se refiere a una línea de ensamble donde se ingresan partes a la velocidad los cuales mueve el producto, además se utilizan bandas transportadoras para la reducción del manejo de materiales, lo que en la empresa de calzado deportivos no lo requiere[43].
Por Proceso	Aplica	Este tipo de distribución se caracteriza debido a que las actividades se practican en diferentes áreas de la empresa, utilizando gran variedad de herramienta y equipos, adicional se hace en lotes por volúmenes, Debido a las características del proceso actual de la empresa se considera una distribución por proceso [13].
Posición Fija	No aplica	El hecho de que el producto sea redistribuido por toda fábrica excluye la posición fija[37].
Célula de manufactura	No aplica	Este tipo de distribución se aplica cuando existen muchos productos que comparten máquinas, los cuales van a dividir en familias, en el caso de una fábrica que cubra piezas de corte, cosido de piezas y modificación, no califica, debido a que el proceso de fabricación es similar. y sigue la misma secuencia. Por otro lado, en el campo de los acabados se puede hacer teniendo muchos productos, pero en el estudio solo se enfoca en la elaboración de calzado deportivo, estos son los más representativos, no alcanza peso para llevar es este tipo de distribución[37].

3.12. Restricciones para la distribución

Durante la recolección de la información se pudo identificar varias restricciones en las diferentes áreas que se mencionan para la elaboración de las propuestas de distribución, como se puede observar a continuación en la tabla 29.

Tabla 29.- Restricción a tomar en cuenta ante la distribución de planta

	Observaciones	Recomendaciones
Área de corte y serigrafiado	Alto índice de excedente de material	Utilización de materia excedente en otro subproceso.
	Utilización de herramientas cortopunzantes en los obreros	Utilización de un manual de seguridad ocupacional.
	Desperdicio de pintura	Cambio de la plantilla de serigrafiado
Costura y Jareteo	Proceso de costura con alto índice tiempos	Capacitación al personal de costura
	Maquina neumática con alto índice de descarga de aceite	Mantenimiento de maquinaria
	Bajas temperaturas en el precalentamiento de la zapatilla	Mantenimiento de maquinaria
Rayado y Pegado	Horma de la zapatilla con un alto índice de tiempo en reposo del pegamento.	Utilizar nuevos materiales de secado rápido.
Terminado	Deficiente el área de almacenamiento	Redistribución del espacio.

Existe la necesidad de mejorar la distribución de la planta, debido a que las máquinas como troqueladoras y prensas hidráulicas se encuentra en un constante ciclo de mantenimiento correctivo, estas mismas son candidatas para redistribuir mejor según las restricciones dando así lugar a un mejor entorno y cambios en los procesos.

3.13. Técnicas de distribución por proceso

Para optimizar la distribución de procesos se utiliza la técnica del método SLP que se enfoca en la formulación de opciones de entrega y el análisis carga-distancia que analiza nuevas opciones generadas.

3.13.1. Método SLP

Paso 1. Diagrama de las relaciones

Las áreas que son electas para el estudio se mencionan a continuación en la tabla 30; además no se toman en cuenta algunas ubicaciones debido a que su ubicación no tiene un impacto relevante.

Tabla 30.- Codificación de áreas

Código	Área
1	Administrativa
2	Bodega de almacenamiento de materia prima
3	Troquelado
4	Proceso de corte
5	Serigrafiado
6	Strobel
7	Jareteado
8	Rayado
9	Pegado
10	Prensado
11	Enfriado
12	Terminado

Continuando con la investigación, la tabla 31 detalla el patrón utilizado para especificar la proximidad de los campos de descripción.

Tabla 31.- Criterios de cercanía

Número	Criterio
1	Orden de procesos
2	Tipo de trabajo y seguridad
3	Por conveniencia
4	Estética e higiene ocupacional
5	Estanterías de recursos e instalaciones informáticas

A continuación, se muestra en la figura 39 el diagrama de relaciones entre las áreas de trabajo segregándolas en 12 subprocesos que están relacionadas. Además, se utilizó la simbología para la definición de relación entre actividades denotado en la figura 38.

Relación	Valores mas cercanos	Valor	Línea en el diagrama	Color
Absolutamente necesario	A	4		Rojo
Especialmente importante	E	3		Amarillo
Importante	I	2		Verde
Ordinario	O	1		Azul
Sin importancia	U	0		
No deseable	X	-1		Café

Figura 38.- Simbología empleada para la definición de relación entre actividades

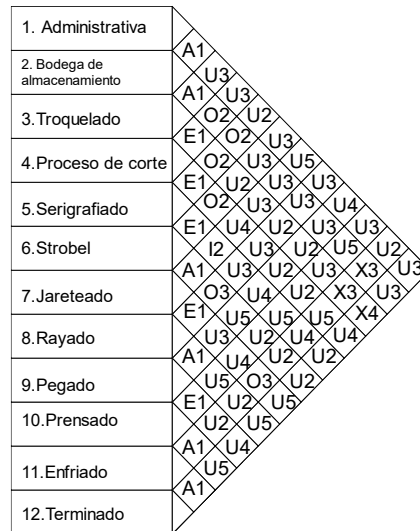


Figura 39.-Diagrama de relaciones

Paso 2. Requerimiento de espacio

Según los criterios de Guerchet determinaron los valores de los espacios requeridos para cada estación de trabajo, en la tabla 32 se detallan estos valores.

Tabla 32.- Valores de espacios requeridos

Código	Área	Superficie (m ²)
1	Administrativa	15.2
2	Bodega de almacenamiento de materia prima	16.4
3	Troquelado	4.6
4	Procesos de corte	14.5
5	Serigrafiado	12.1
6	Strobel	20.5
7	Jareteado	1.1
8	Rayado	2.4
9	Pegado	4.2
10	Prensado	9.9
11	Enfriado	6.2
12	Terminado	94.4

Paso 3: Diagrama de relación entre actividades

El diagrama de relación indica el grado de cercanía de cada área o proceso en relación con los demás, este diagrama utiliza la simbología denotada en la figura 40.

El diagrama mostrado a continuación deja en manifiesto la cercanía de cada departamento con base en su distancia. La representación gráfica del modelo se presenta a la par de la simbología empleada.

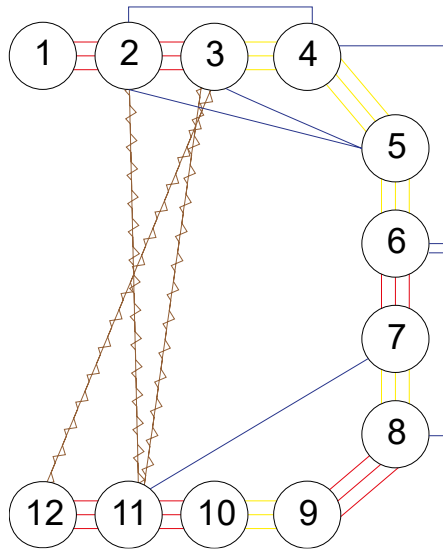


Figura 40.-Diagrama de relación entre actividades

Paso 4: Relación espacial con la distribución.

Este apartado consiste en ubicar en el plano las áreas objeto de estudio, teniendo en cuenta todas las condicionantes detalladas en la tabla 24, y respetando el grado de proximidad entre las actividades obtenido en el diagrama de relaciones. En la tabla 33 se indican los lineamientos constructivos del sitio de instalación, en este caso el Parque Industrial Ambato, que se deben seguir.

Tabla 33.- Normativas de construcción del Parque Industrial de Ambato

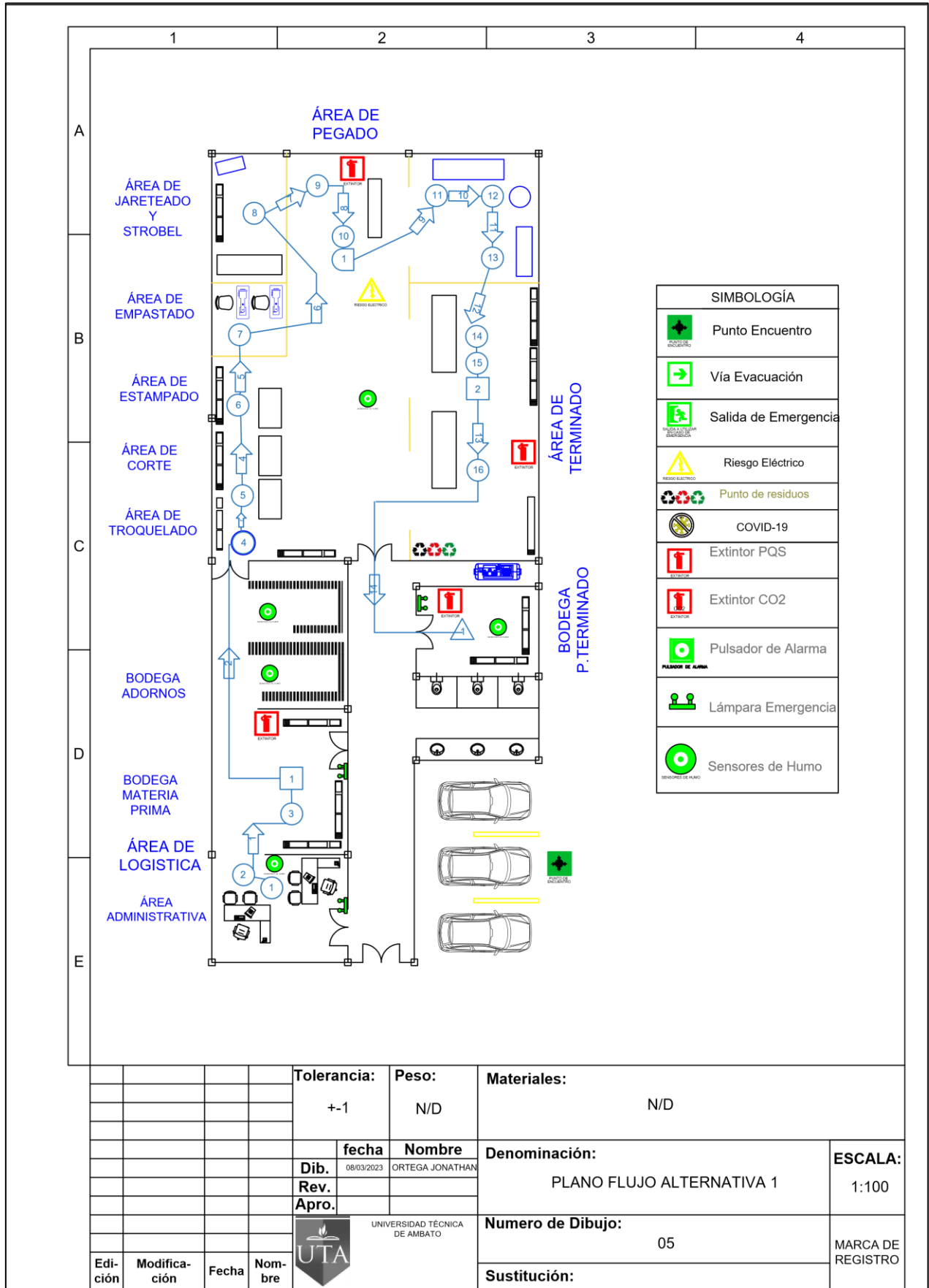
Lineamiento	Detalle
Tipo de Lote	E
Frontales	10 metros
Lateral hacia la entrada principal	8 metros
Lateral hacia el costado contrario	4 metros
Posterior	14 metros
Estacionamientos	7 espacios

Fuente: Ordenanza que rige el funcionamiento del Parque Industrial Ambato

A continuación se muestra la disposición para el Layout de la planta para la nueva planta de producción, las áreas administrativas y superficies auxiliares se minimiza las distancias para eliminar o minimizar transportes.

En la figura 41 muestra un layout de la alternativa 1 para la planta nueva de la empresa Panamus, los departamentos auxiliares se encuentran posicionados según el requerimiento de la empresa para la minimización de movimientos, como se puede observar el flujo del material se encuentra de manera secuencias, de izquierda a derecha.

Además, los elementos como son urinarios y lavamanos son conservados en las mismas cantidades debido a que sobrepasan las características mencionadas por el decreto 2393, el cual nos menciona que se deberá tener en relación al número de trabajadores 1 excusado por cada 25 hombre y 1 por cada 15 mujeres, lavabos, 1 por cada 10 trabajadores, por lo tanto, la empresa prefiere mantener la cantidad actual sobrepasando lo requerido [44].



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:			
				+/-1	N/D	N/D			
				Dib. fecha	Nombre	Denominación:	ESCALA:		
				08/03/2023	ORTEGA JONATHAN			PLANO FLUJO ALTERNATIVA 1	1:100
				Rev.					
				Apro.		Numero de Dibujo:	MARCA DE REGISTRO		
						05			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución:					

Figura 41.- Layout de la alternativa 1.

Paso 5: Evaluar la distribución alterna.

En esta sección se realiza otra alternativa como se muestra en la figura 42, en el cual se asemeja en forma de O debido a que la bodega de producto terminado se encuentra en medio de la infraestructura.

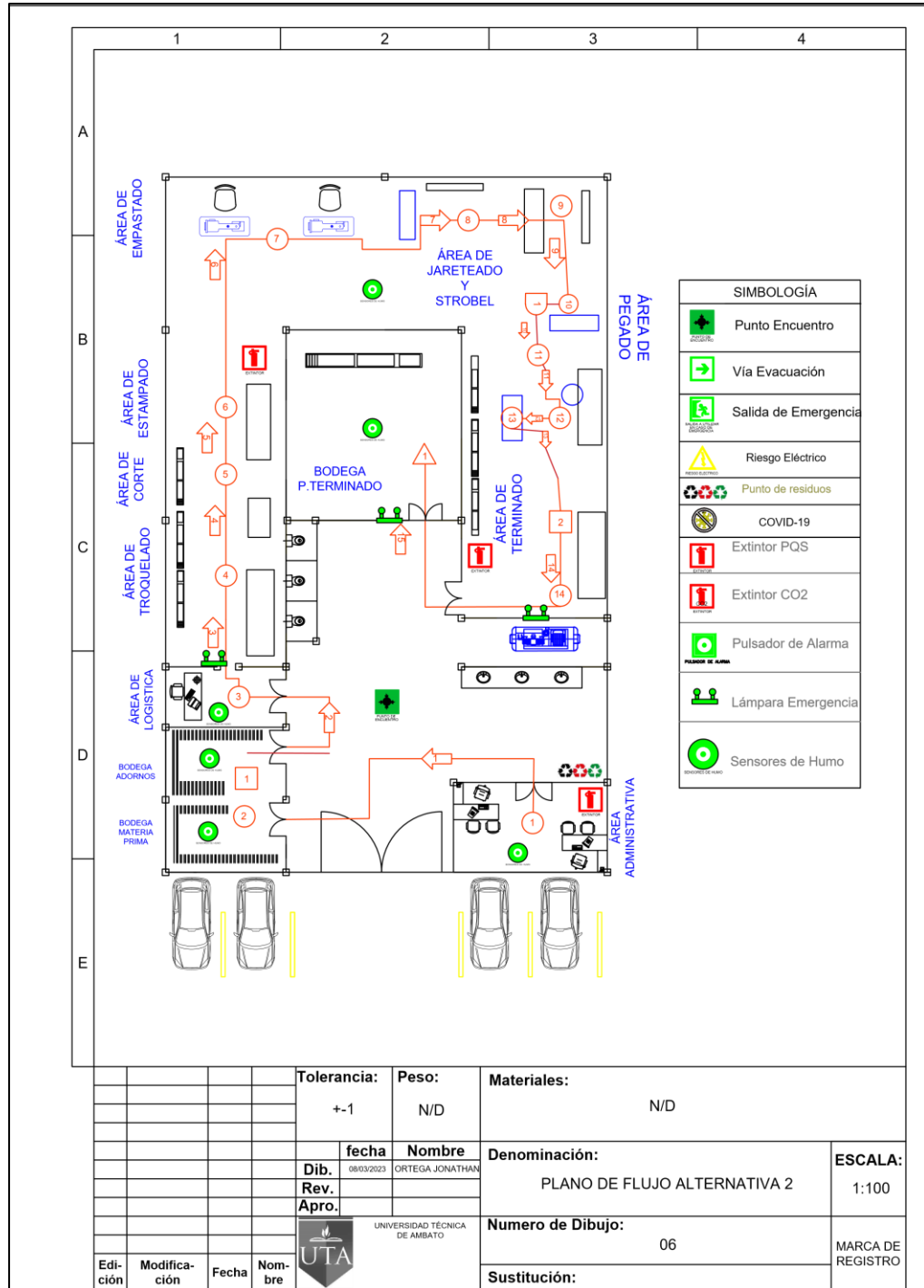


Figura 42.- Layout de la alternativa 2.

Paso 6: Selección de distribución

Se puede aseverar que entre los principales atractivos de la disposición de los objetos para las instalaciones está la distancia mínima recorrida, que es fundamental para elegir la disposición óptima. Es por este motivo que en el presente trabajo de investigación se empleará el software Flexsim (análisis carga-distancia) para determinar la mejor opción.

3.14. Análisis Carga-Distancia

Para ejecutar el análisis carga-distancia es favorable conocer el transporte que realiza el personal operativo en el proceso productivo. Como se mencionó anteriormente para obtener un zapato deportivo terminado, debe seguir dos pasos. La primera etapa parte desde el área administrativa a hasta la sección de enfriamiento, donde el pegamento del ensamble del zapato gana firmeza, mientras que la segunda etapa es el acabado, por lo que el proceso que realizan es diferente para cada línea de producción.

En tabla 34 se muestra las distancias recorridas entre departamentos para cada alternativa, cabe destacar que la línea de producción son los zapatos deportivos.

Tabla 34.- Distancia entre departamentos

Movimientos	Actual (m)	Propuesta 1 (m)	Propuesta 2 (m)
1-2	9.85	2.05	6.97
2-3	4.23	2.4	3.40
3-4	3.48	6	3.15
4-5	1.69	1.5	2.50
5-6	2.59	2.3	1.15
6-7	2.74	2.21	4.30
7-8	3.34	2.86	3.20
8-9	1.96	1.48	1.86
9-10	3.18	2.53	1.80
10-11	2.44	2.28	1.87
11-12	3.97	1.37	1.75
12-13	2.45	1.5	1.26
13-14	2.5	6	6.5

Tabla 35.- Distancia recorrida en la secuencia de procesos para el calzado deportivo

Producto	Descripción de proceso	Secuencia de proceso	Actual (m)	Propuesta 1 (m)	Propuesta 2 (m)
Calzado deportivo	Desde la parte administrativa en cuanto a la adquisición de materia prima, pasando por la bodega, posteriormente al troquelado y al proceso de corte, continua con el serigrafiado, strobel, jareteado.	1-2-3-4-5-6-7-8	27,92	17.11	24.67
	El proceso de ensamble desde el rayado, pegado, prensado, enfriado y el producto final terminado.	9-10-11-12	16,5	15.16	15.04
Total, metros recorridos por lote			44,42 m	32.27 m	39.71 m

La propuesta 1 realiza la menor distancia recorrida con 32.27 m por lote de fabricación la comparación a la actual el cual tiene un recorrido de 44.42 m sin embargo la propuesta 2 recorre 39.71 m, por lo tanto, la opción más apropiada para la distribución de la nueva instalación es la propuesta 1.

3.15. Simulación

La simulación consiste en representar de manera ficticia con parámetros ideales o modificados para la sustentación de datos predeterminados para predecir el comportamiento del sistema, sin embargo, es necesario conocer todos los parámetros que ingresan al sistema.

3.15.1. Diseño del Modelo

Esta etapa de la redistribución se elabora una simulación utilizando el software de simulación de procesos Flexsim, donde se ingresa los datos tomados del periodo de duración de cada proceso. Además de ingresar los diseños como AutoCAD en 2d, 3d, SketchUp.

El software antes de comenzar la simulación nos pide configurar las unidades como se observa a continuación.

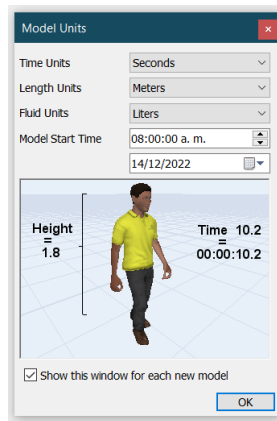


Figura 43.-Configuración de unidades.

Teniendo en cuenta que las unidades de tiempos serán en segundos, las longitudinales en metros, hora de arranque del modelo a las 8:00 am de día lunes, como se mencionó anteriormente los operarios tendrán una altura de 1.65m.

Adicional a lo mencionado se prosigue a la exportación de los elementos como maquinaria, horario, planimetría, entre otros, estos deberán ser escalados a una relación de 1:1, como se aprecia a continuación.

Primeramente, se agrega un background al modelo de simulación, el cual teniendo en formado dwg el cual nos permite la ubicación de los elementos previamente ya diseñados en archivo stl.

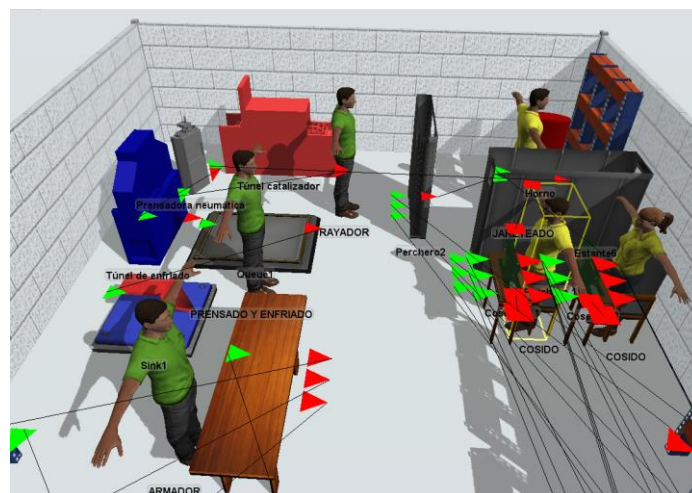


Figura 44.-Exportación de elementos

Una vez exportados todos los elementos como muestra en la figura 45 se obtendremos la distribución de la maquinaria ubicado de manera actual

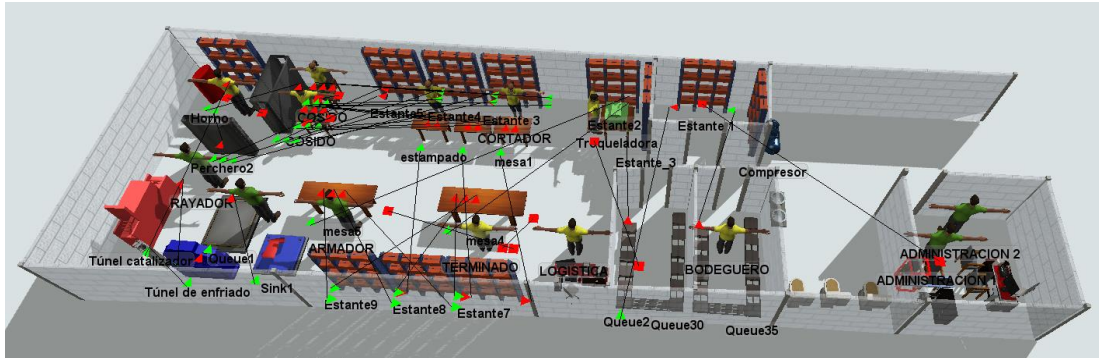


Figura 45.-Diseño de modelo de simulación actual

Una vez ubicada la maquinaria y puntos de espera, los elementos a tomar en cuenta son source, processor, cobimnes, queue y sink, debido que el estudio la maquinaria debe asemejarse al tamaño real por lo que se recomienda una correcta toma de datos como se mencionó anteriormente, a continuación, en la figura 46 observamos el bosquejo del área de pegado y enfriado del calzado.

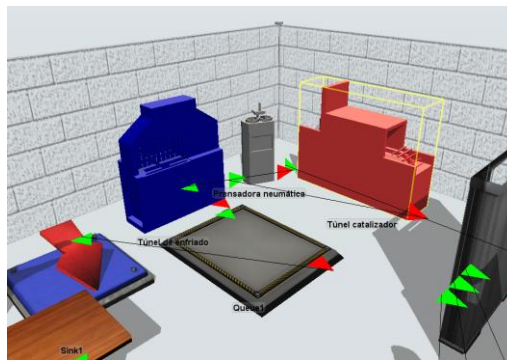


Figura 46.-Bosquejo área de pegado y enfriado

Teniendo listo los objetos proseguimos a realizar las conexiones entre localizaciones utilizando networknotes para establece las rutas que tienen los operadores, el flujo de cada proceso, la rapidez de los operadores, la velocidad con carga de las zonas y el operado encargado de movilizar las cargas a los distintos puntos de procesos como se puede observar en la figura 47.

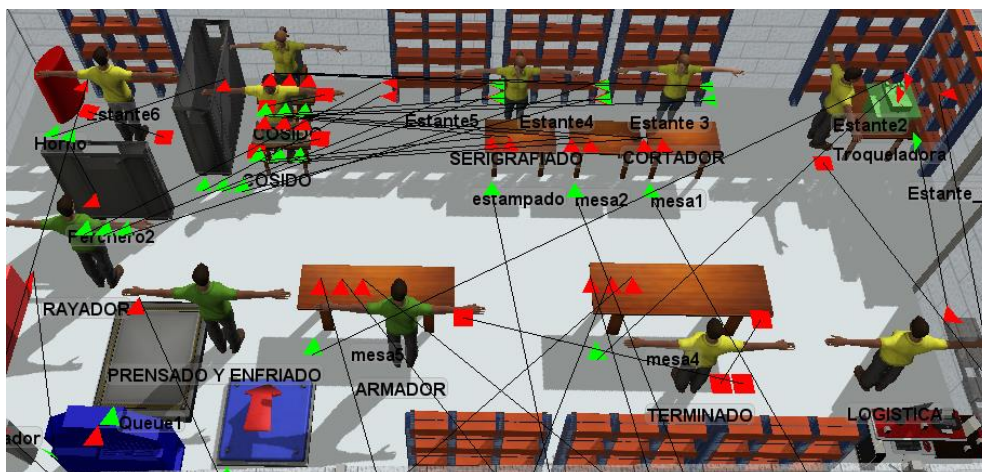


Figura 47.-Vista de modelo con conexiones

Al culminar el diseño del modelo se obtiene una plantilla para la inserción de los datos de las variables aleatorias, conexiones de las localidades y las jornadas de trabajo, para lo cual al obtener la distribución probabilística mede cada maquina y punto de esper, mediante la herramienta Excel se obtuvo un numero aleatorio de muestras con una distribución normal En la figura 48 se realiza un listado de los datos obtenidos.

	Bodega de almacenamiento de materia prima	Troquelado	Procesos de corte	Serigrafiado	Strobel	Jareteado	Rayado	Pegado	Prensado	Enfriado	Terminado	
1	300	396	282	94	59	66	136	62	39	240	132	138
2	300	408	294	80	66	69	117	71	37	252	156	144
3	294	414	282	94	63	65	137	68	40	240	138	138
4	282	414	288	101	36	67	127	70	38	246	132	138
5	270	396	288	90	56	61	133	68	41	246	156	138
6	300	402	294	98	48	68	138	63	38	258	150	120
7	270	390	300	91	51	61	122	63	40	252	150	138
8	300	390	294	86	39	63	120	70	38	240	156	144
9	276	402	282	94	62	63	128	74	42	246	150	144
10	300	414	300	101	46	64	125	72	40	258	138	144
11	282	390	300	89	49	68	128	70	42	246	138	120
12	276	420	294	95	46	61	122	65	40	240	150	126
13	300	414	294	83	44	61	128	61	39	258	132	144
14	282	414	288	102	61	63	124	72	39	240	132	126
15	282	420	282	98	60	65	119	69	40	258	132	126
16	294	414	294	88	44	65	135	58	36	246	156	150
17	282	420	294	82	49	60	127	73	37	252	138	144
18	294	396	294	94	59	64	136	70	42	240	132	144
19	300	420	294	82	43	67	117	74	38	240	138	132
20	276	402	300	88	60	62	123	62	36	258	132	120

Figura 48.-Muestra de tiempos de cada proceso.

A continuación, se enlista la distribución estadística de los procesos con base en sus coordenadas.

Tabla 36.- Distribución Estadística de los procesos.

Proceso	Distribución
Administrativa	beta (269.648907, 300.769669, 0.669373, 0.486441, getstream(current))
Bodega	beta (388.873913, 420.533401, 0.753803, 0.588644, getstream(current))
Troquelado	beta (274.772112, 301.614907, 2.395982, 1.352047, getstream(current))
Procesos de corte	beta (79.431703, 102.416924, 1.068147, 0.965920, getstream(current))
Serigrafiado	johnsonbounded (34.292157, 67.099256, -0.162792, 0.703943, getstream(current))
Strobel	beta (59.851824, 69.396227, 1.035327, 1.259006, getstream(current))
Jareteado	weibull (113.552550, 15.080564, 2.000000, getstream(current))
Rayado	johnsonbounded (56.158701, 74.625070, -0.514374, 0.709712, getstream(current))
Pegado	beta (35.079612, 43.468908, 2.161041, 2.363741, getstream(current))
Prensado	exponential (238.155294, 9.644706, getstream(current))
Enfriado	exponential (129.496909, 12.403091, getstream(current))
Terminado	gamma (0.000000, 0.660845, 205.645697, getstream(current))

Usando el software estadístico ExpertFit, se obtiene el modelo matemático óptimo para la simulación de cada proceso como se observa en la figura 49. Se obtiene un código que será introducido en las propiedades del proceso como se evidencia en la figura 47.

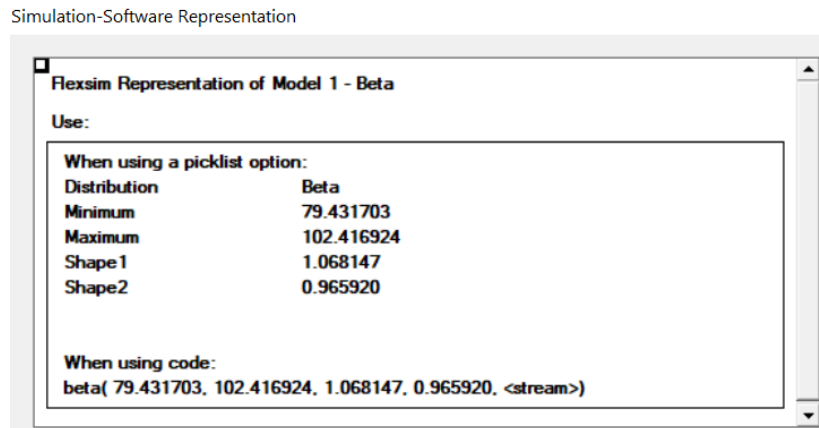


Figura 49.-Modelo matemático obtenido con el Software ExpertFit.

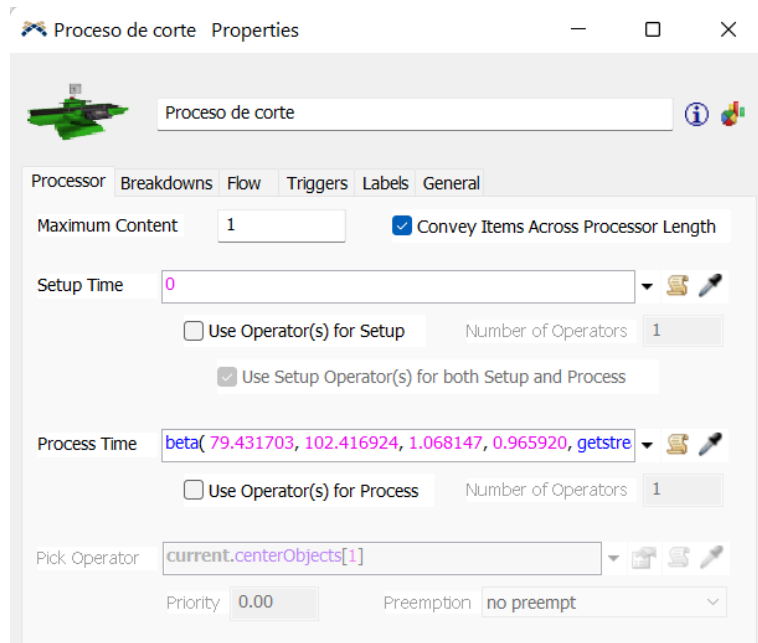


Figura 50.-Proceso con el modelo matemático de tiempo introducido.

Una vez colocado los modelos estadísticos se realiza el mismo proceso para los 12 procesos que se llevan a cabo en la planta de producción de calzado, configurando modelos probabilísticos para la simulación como se observa en la tabla 36. De esta forma se puede predecir el comportamiento del sistema y procesar la información resultante de los tiempos y distancias recorridas por los operadores con el sistema actual y la nueva propuesta.

Se configura conexiones por nodos, horarios y trayectorias que debe tomar los operadores. Además, por motivos de interactividad se ingresa el background del área de la planta y los modelos 3D diseñado en AutoCad.

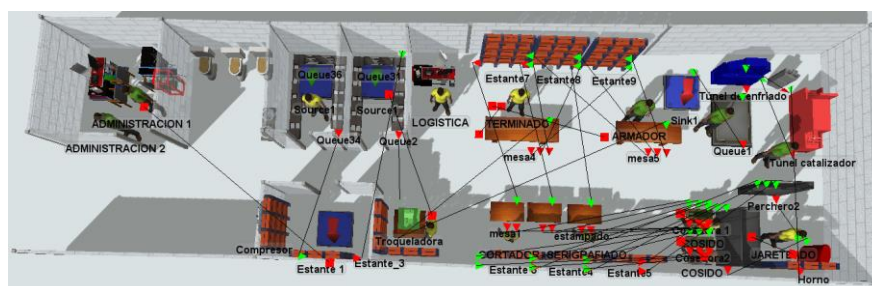


Figura 51.-Simulación completa del sistema del proceso actual

Se definen las siguientes variables a medir en la simulación:

3.15.2. Distancia total recorrida (Dt)

Es la distancia recorrida por los operadores encargados del transporte de los productos. Se calcula con la ecuación 11.

$$DR = \sum_{i=0}^n RcO_i + \sum_{i=0}^n RsO_i \quad (11)$$

Donde:

DR: Distancia total recorrida (m).

RcO_i : Recorrido del operador con carga (m).

RsO_i : Recorrido del operador sin carga (m).

El recorrido con carga y sin carga del operador se calcula con las siguientes ecuaciones.

$$RcO_i = TRcO_i * VO_i \quad (12)$$

$$RsO_i = TRsO_i * VO_i \quad (13)$$

Donde:

$TRcO_i$: Tiempo recorrido con carga (seg)

$TRsO_i$: Tiempo recorrido sin carga (seg)

VO_i : Rapidez del operador

3.15.3. Costo de transporte

Se calcula mediante la ecuación 14.

$$C_T = (\sum_{i=0}^n TRcO_i + \sum_{i=0}^n TRsO_i) * CO_i \quad (14)$$

Donde:

C_T : Costo de transporte (m).

$TRCO_i$: Tiempo recorrido con carga (horas).

$TRSO_i$: Tiempo recorrido sin carga (horas).

CO_i : Costo por hora (\$/hora)

En base al rol de pagos que genera la empresa a sus trabajadores se determinó que en la empresa el área productiva tiene un salario promedio de \$500, entonces se determina el costo por hora de cada operador. Se utiliza la Ecuación 15.

$$CO_i = \frac{\text{Salario mínimo}}{\text{horas por mes laboradas}} \quad (15)$$

$$CO_i = \frac{\frac{500\$}{\text{mes}}}{\frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} * \frac{5 \text{ días}}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}}}$$

$$CO_i = \frac{\frac{500\$}{\text{mes}}}{\frac{160 \text{ horas}}{\text{mes}}}$$

$$CO_i = 3.13(\$/h)$$

3.15.4. Utilización de Maquinaria

Esta variable determina el porcentaje de utilización de la maquinaria son la troqueladora, túnel catalizador y túnel de enfriado. Se utiliza para este propósito la Ecuación 16.

$$Um_i = \frac{T_{set} + T_{procesamiento}}{T_{sim}} * 100\% \quad (17)$$

Donde:

Um_i : Porcentaje de utilización de maquinaria.

T_{set} : Tiempo de setup de maquinaria.

$T_{procesamiento}$: Tiempo de procesamiento de la maquinaria.

Tsim: Tiempo de simulación.

3.15.5. Experimentación

Se procede a calcular la distancia total recorrida por los operadores en un periodo de simulación de 3 meses debido a que los datos se manifiestan de manera más clara y concisa, adicional se calculó el valor teórico anteriormente tomado por medio de la toma de datos durante un periodo trimestres para lo cual se han obteniendo los datos que se muestran en la tabla 37.

Tabla 37.- Distancia total recorrida por los operadores de 3 meses.

Operador	Teórico (m)	Actual(m)	Propuesta (m)
Operador Troquelado	16332.64	16220.72	11672.31
Operador Strobel	11666.24	11586.29	9443.15
Operador Pegado	11053.87	10978.12	8947.46
Operador Prensado	12901.30	12812.89	10493.67
SUMA	51954.05	51598.02	40556.59

De acuerdo con el planteamiento de reubicación de la planta debido a la necesidad de mayor espacio para un correcto funcionamiento, se compara la distancia actual con la propuesta, observando una disminución del 11041.43metros para un tiempo de simulación de 3 meses. Esto representa un 21.25% de mejora de recorrido.

La tabla 38 presenta los tiempos de transporte del modelo de simulación para tres meses de periodo de tiempo.

Tabla 38.- Tiempo de transporte de productos en horas para 3 meses de simulación.

Operador	Actual(horas)	Propuesta (horas)
Operador Troquelado	7.5	5.36
Operador Strobel	5.36	4.2
Operador Pegado	5.08	4.36

Operador	Actual(horas)	Propuesta (horas)	
Operador Prensado	5.93	4.76	
El costo de trasportación por operador es 3.15\$/h	SUMA	23.87	18.68
	Costo Trimestral \$	75.19	58.84
	Costo Mensual \$	25.06	19.61

La propuesta presenta una disminución de costo de trasportación de materiales y productos de \$5.45 mensuales. A pesar de la disminución de recorridos y costos de trasportación de los operadores, el estudio se priorizó para mejorar la organización de la maquinaria y espacios de trabajo de los operadores.

En la tabla 39 se presenta la experimentación de la capacidad de producción por unidad de zapatos para tres meses. Estos estudios se realizaron con un valor teórico por medio de observación y adicionalmente los resultados de la simulación.

Tabla 39.- Capacidad de producción actual y propuesta.

Modelo	Trimestral (pares)	Mensual (pares)	Semanal(pares)	Diario(pares)
Actual	17261	5752	1438	288
Propuesta	19348	6243	1560	318
Teórico	17338	5780	1445	289
Error actual	0.44%	0.48%	0.48%	0.35%
Porcentaje de mejora	11.59%	8.01%	7.96%	10.03%

La capacidad de producción del modelo actual es de 17338 pares de zapatillas trimestrales, sin embargo la propuesta tiene la capacidad de producción de 19348 pares de zapatillas, por lo tanto manifiesta un incremento porcentual de 11.59% dando un resultado productivo notable.

La tabla 40 presenta el porcentaje de utilización de la maquinaria para un periodo de simulación de tres meses. El fin de esta experimentación es la optimización del uso de las máquinas en relación a los procesos actuales de producción.

Tabla 40.- Porcentaje de utilización de maquinaria

Máquina	Utilización		
	Actual	Propuesta	Factor de utilización
Troqueladora	73.2%	83.7%	10.5%
Máquina de Coser	67.8%	73.3%	5.4%
Túnel de pegado	34.8%	38.2%	3.5%
Túnel de enfriado	23.8%	27.2%	3.5%

Se evidencia con esta experimentación que existe mayor incremento de utilización en la maquinaria porcentual a la reducción de movimientos innecesarios teniendo como dato más relevante al túnel de pegado y enfriado debido a que este será el nuevo cuello de botella teniendo así una mejora del 3.5% (2h 25min 23 seg).

3.16. Propuesta de distribución






En la figura 52 muestra el cursograma analítico de la propuesta ganadora para el proceso de fabricación de calzado. Dentro del mismo se mantienen las doce actividades básicas divididas en 18 operaciones, 14 transportes, 2 inspecciones y almacenaje a las cuales adicionalmente se les agrega el transporte de material desde cada uno de los puntos (2 transporte). La superficie actual de la empresa se orienta hacia los 217,58 m². Es importante resaltar que la distancia recorrida de la propuesta es menor a la distancia recorrida debido a que se eliminó recorridos innecesarios con una ubicación estratégica de los procesos, además de una mejor geometría en la infraestructura teniendo como resultado que la producción ha mejorado.

La distancia recorrida por los operarios con base en cada una de sus actividades se detalla de manera que su magnitud contiene el recorrido actual dentro de la propuesta desarrollada. Es importante señalar que el recorrido total recorrido por los operadores

en un periodo trimestral tiene una mejora del 21.25% reduciendo 11041.43 metros según la distribución actual. Además, La propuesta implica gastos adicionales para todo el proceso, debido a la inversión que se tendría que realizar al transportar la maquinaria, construcción de infraestructura y reparación de equipos que se dañen en el transporte, sin embargo, la nueva planta cuenta con una superficie mayor a la estimada debido a que se planea una posible expansión.

A continuación, se muestra el cursograma analítico de la propuesta planteada.

Figura 52.-cursograma analítico de la propuesta.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO						
Hoja N°01 Diagrama N°:01		Operar.	Mater.	Maqui.		
Proceso: Fabricación de calzado deportivo		RESUMEN				
Fecha:	08/03/2023	SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.
El estudio Inicia:			Operación	18	18	0%
Método: Actual: X Propuesto: ___			Transporte	13	13	0%
Producto: Modelo económico e intermedio			Inspección	2	2	0%
			Espera	1	1	0%
Elaborado por: Jonathan Ortega			Almacenaje	1	1	0%
Total de Actividades realizadas				35	35	0%
Distancia total en metros				44	32	-27%
Tiempo min/hombre				0	0	0%

Según el cursograma analítico de proceso de la distribución propuesta cuenta con una mejora de distancia de 27% debido a que la serie es secuencial y mantiene la maquinaria a una distancia adecuada según el diagrama de relaciones, es así que se pudo minimizar movimientos innecesarios para una mejor estimación de resultado el cursograma analítico de la propuesta se encuentra en el anexo 23.

3.16.1. Discusión de resultados

La finalidad de este proyecto presenta un método que permite el uso compartido de la mejora de distribución de una nueva planta y la de producción de la empresa. analizando la situación actual de sus procesos, productos y disposición de espacios, a través de métodos, técnicas y softwares aplicados en la ingeniería industrial.

El diseño adecuado de instalaciones de la empresa conlleva a una mejora en su capacidad productiva, gracias a la eficiente distribución de los subprocesos y

minimización de recorridos innecesarios. Las modificaciones iterativas de los módulos de producción optimizan este proceso paso a paso. La descomposición de los procesos del calzado deportivo y la evaluación de las dependencias dentro del producto son elementos adecuados para modelar y simular, por lo tanto, es fundamental para lograr una optimización. Al manejar adecuadamente datos estadísticos permite el uso de este método para tecnologías todavía primitivas u obsoletas. entonces, es de interés para las empresas las cuales desean reducir el tiempo de fabricación de nuevos productos o el aumento de su capacidad productiva.

Sin embargo, existen limitaciones que exigen más investigaciones para mejorar este método. El modelado de la distribución de la planta y los elementos del producto es muy específico para cada caso y debe llevarse a un nivel genérico. Además, la evaluación y optimización iterativa está restringida a solo un pequeño número de criterios. Se requiere incluir modelos funcionales de productos para evaluar no solo las adaptaciones de diseño impulsadas por la producción, sino también las implicaciones de la función del producto para alcanzar una nueva dimensión de evaluación.

No obstante, al aplicar este método, las empresas pueden elaborar de manera eficiente nuevas líneas de producción con ayuda de nuevas tecnologías de fabricación al evaluar sus implicaciones de forma metódica y con menos esfuerzo, es decir, las empresas pueden tener un resultado cercano al real antes de adquirir nuevos lugares de producción o maquinarias. Además, se puede identificar y cuantificar el potencial tecnológico y económico del diseño de productos y las tecnologías de fabricación.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se analizaron los procesos implicados en la confección de calzado deportivo en la empresa Panamus ubicada en la parroquia Pinllo Av. Juan Adán Shuartz. Es necesario destacar que los procesos y/o actividades al momento de la manufactura de calzado son la revisión de materia prima, troquelado, corte, serigrafiado, procesos del área strobrel, precalentado y montaje en horma, rayado de la suela, inyección, prensado, enfriado, y por último el proceso de terminado. Cada una de estas instancias requieren de varios insumos, materiales y personal por lo cual en varias ocasiones es fundamental un control de tiempos con el propósito de mantener el ritmo de producción. Por otro lado, los procesos detallados se subdividen en 35 actividades (18 de operación, 13 de transporte, 2 de inspección, 1 de espera y 1 de almacenaje); mismas que fueron analizadas a profundidad con el objetivo de verificar si alguna de ellas puede modificarse y así lograr una mejora significativa en la producción de calzado deportivo.
- El estudio de tiempos se efectuó con base en las 35 actividades descritas con antelación, mismas que fueron analizadas en 5 instancias con el propósito de determinar un tiempo promedio, logrando así estimar el cuello de botella durante el proceso productivo. Con base en los tiempos recabados se puede acotar que el ritmo de trabajo de los obreros es eficiente. Es decir, dominan los procesos los cuales fueron contratados, lo que mantiene el proceso productivo en alto estándar. Por otro lado, fue necesario evaluar el tiempo estándar entre cada proceso con base en una estimación de min/par para así determinar el proceso con mayor tiempo empleado. Los tiempos por proceso fueron; proceso administrativo 0.83 min/unidad, corte y serigrafiado 0.44 min/ unidad, costura y jareteado 0.38 min/ unidad, rayado 0.28 min/ unidad, pegado 0.51 min/ unidad, y por último el terminado 0.23 min/ unidad. Siendo el cuello de botella en el área administrativa seguido por el proceso de pegado.
- Con base en el análisis de los elementos móviles y estáticos se pudo calcular que es necesario poseer una infraestructura con la capacidad de $130,55 \text{ m}^2$.

la empresa actualmente posee una superficie de 137.82 m², sin embargo al ser un lugar arrendado no se puede modificar la infraestructura a la nueva distribución por lo que gerencia solicitó una propuesta de la planta, por lo cual es necesario un incremento de la superficie del área de trabajo con el objetivo de expandir sus procesos en un futuro. Dicho incremento se efectuó en una nueva planta seleccionada proceso analítico jerárquico en función de los criterios y subcriterios establecidos por la empresa, la ubicación de la nueva planta se encontrará en sector del Pisque pues por medio del estudio de toma de decisión se obtuvo un resultado favorable con un 58.4%, frente a la opción del parque industrial ubicado en Santa Rosa. La superficie total de la planta deberá cubrir 217, 58 m², de los cuales el 70% se destinará a la construcción de edificaciones y el 30% a vialidad y espacios verdes.

- En la metodología y la simulación de la situación actual y la propuesta ganadora existe un notable cambio en todo el sistema como es la distancia de recorrido total la cual mejora un 21.25% al disminuir 11041.43 metros de recorrido trimestralmente, además al eliminar tiempos de transporte innecesario se puede obtener una mejora en la capacidad de producción del 11.59% dando como resultado una producción de 2010 pares de zapatillas adicionales trimestralmente, finalmente se obtuvo un factor de utilización de maquinaria de 3.5% adicional acotando que el túnel de pegado y enfriado serán el nuevo cuello de botella.

4.2. Recomendaciones

- Es recomendable implementar el nuevo layout, ya que tiene como objetivo mejorar los procesos de fabricación del calzado al colocar los puestos de trabajo en un orden que permita un flujo continuo de producción.
- Es recomendable que estos análisis de entrega en fábrica se realicen de manera continua, recopilando la mayor cantidad de datos posible para que podamos hacer un diagnóstico y un análisis más completo, ya que la industria del calzado está sujeta a cambios en las tendencias de la moda además de agregar nuevos procesos o maquinaria que deben incorporarse a la entrega de manera inmediata para que no afecten el flujo de producción.

- Realizar un estudio de seguridad industrial de cada puesto de trabajo, con el fin de mejorar el ambiente laboral además de realizar un plan de mantenimiento de las diferentes máquinas de cada subproceso para una mejora continua en la línea de producción.

Referencias bibliográficas

- [1] M. López, S. Lovato, y G. Abad, «El impacto de la cuarta revolución industrial en las relaciones sociales y productivas de la industria del plástico IMPLASTIC S. A. en Guayaquil-Ecuador: retos y perspectivas», *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 10, pp. 153-160, dic. 2018.
- [2] H. Banda, «Impacto de la Manufactura Inteligente en la Industria y la Academia», 2015, doi: 10.13140/RG.2.1.3949.2569.
- [3] K. Balamurugan, V. Selladurai, y B. Ilamathi, «Design and optimization of manufacturing facilities layouts», *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, vol. 220, n.º 8, pp. 1249-1257, ago. 2006, doi: 10.1243/09544054JEM382.
- [4] L. O. Alpala, M. D. M. eva Alemany, Di. H. Peluffo, F. A. Bolaños, A. M. Rosero, y J. C. Torres, «Methodology for the design and simulation of industrial facilities and production systems based on a modular approach in an “industry 4.0” context», *DYNA*, vol. 85, n.º 207, pp. 243-252, oct. 2018, doi: 10.15446/dyna.v85n207.68545.
- [5] J. Albán, F. Tigre, F. Lema, P. Flores, y L. Siguenza, «Facility Layout Design in Textile MSMEs. Literature Review of Resilient Indicators», en *Innovations in Industrial Engineering II*, Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 281-293. doi: 10.1007/978-3-031-09360-9_23.
- [6] C. Mayorga Abril, M. Ruiz Guajala, L. M. Mantilla, y M. Moyolema Moyolema, «Procesos de producción y productividad en la industria de calzado ecuatoriana: caso empresa Mabelyz», *ECA Sinergia*, vol. 6, n.º 2, p. 88, dic. 2015, doi: 10.33936/eca_sinergia.v6i2.331.
- [7] E. Hernández, Z. Camargo, y P. Martínez, «Impact of 5S on productivity, quality, organizational climate and industrial safety in Caucho Metal Ltda», *Ingeniare. Rev. chil. ing.*, vol. 23, n.º 1, pp. 107-117, ene. 2015, doi: 10.4067/S0718-33052015000100013.

- [8] E. Lascano, «Distribución de planta en la empresa carrocerías Pérez», Bachelor's Thesis, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29994>
- [9] G. V. Chaluis Analuisa, «Distribución de planta de la Empresa de Calzado Boom's de la Ciudad de Ambato», Bachelor's Thesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/10391>
- [10] A. Klausnitzer y R. Lasch, «Optimal facility layout and material handling network design», *Computers & Operations Research*, vol. 103, pp. 237-251, mar. 2019, doi: 10.1016/j.cor.2018.11.002.
- [11] W. I. Arevalo Ojeda, «Análisis económico del cantón Cevallos del sector calzado de la provincia de Tungurahua del período 2017-2019», Bachelor's Thesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021.
- [12] N. De la Cruz, «Distribución de planta para la optimización de los procesos de producción de calzado en la Empresa "Pionero"», Bachelor's Thesis, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/8548>
- [13] H. Hosseini-Nasab, S. Fereidouni, S. M. T. Fatemi Ghomi, y M. B. Fakhrzad, «Classification of facility layout problems: a review study», *Int J Adv Manuf Technol*, vol. 94, n.º 1-4, pp. 957-977, ene. 2018, doi: 10.1007/s00170-017-0895-8.
- [14] J. Albán, F. Tigre, y F. Lema, «Indicators for the facility layout design in MSMEs in the textile sector with a resilient approach», *ConcienciaDigital*, vol. 5, n.º 2, pp. 17-40, abr. 2022, doi: 10.33262/concienciadigital.v5i2.2115.
- [15] P. Gosende, «Evaluación de la distribución espacial de plantas industriales mediante un índice de desempeño», *Rev. adm. empres.*, vol. 56, n.º 5, pp. 533-546, oct. 2016, doi: 10.1590/s0034-759020160507.
- [16] R. Contreras, «Modelo de optimización en la generación de plantas industriales,

considerando las actividades de mantenimiento y las condiciones ambientales mediante el uso de la metodología de los algoritmos genéticos.», Doctoral Thesis, Universitat Politècnica de València, Valencia (Spain), 2010. doi: 10.4995/Thesis/10251/7344.

- [17] P. Flores-Siguenza, L. Siguenza-Guzman, F. Lema, F. Tigre, P. Vanegas, y J. Aviles-González, «A Systematic Literature Review of Facility Layout Problems and Resilience Factors in the Industry», en *Applied Technologies*, Cham, 2022, pp. 252-264.
- [18] S. Kang, M. Kim, y J. Chae, «A closed loop based facility layout design using a cuckoo search algorithm», *Expert Systems with Applications*, vol. 93, pp. 322-335, mar. 2018, doi: 10.1016/j.eswa.2017.10.038.
- [19] P. Sharma, R. Singh, y S. Singhal, «A Review of Meta-heuristic Approaches to Solve Facility Layout Problem», *International journal of emerging research in management & technology*, vol. 2, pp. 29-33, ene. 2013.
- [20] I. Jithavech y K. Krishnan, «A simulation-based approach for risk assessment of facility layout designs under stochastic product demands», *Int J Adv Manuf Technol*, vol. 49, n.º 1-4, pp. 27-40, jul. 2010, doi: 10.1007/s00170-009-2380-5.
- [21] A. Azadeh y B. Moradi, «Simulation optimization of facility layout design problem with safety and ergonomics factors», *The International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, vol. 21, pp. 209-230, ene. 2014.
- [22] Z. Hosseini, F. Navazi, A. Siadat, P. Memari, y R. Tavakkoli-Moghaddam, «A Tailored Fuzzy Simulation Integrated with a Fuzzy DEA Method for a Resilient Facility Layout Problem: A Case Study of a Refrigerator Injection Process», *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, n.º 13, pp. 541-546, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.214.
- [23] E. Yuccha, «Distribución de instalaciones para la nueva planta de producción de la empresa de Calzado CASS», Bachelor's Thesis, Universidad Técnica de

Ambato, Ambato, 2020. [En línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30713>

- [24] M. Porras, «Modelo de redistribución de instalaciones bajo un enfoque productivo y de bioseguridad para la empresa CM Original de la ciudad de Pelileo», Bachelor's Thesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021. [En línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33211>
- [25] S. Naik y S. Kallurkar, «A literature review on efficient plant layout design», *IJIERD*, vol. 7, n.º 2, jul. 2016, doi: 10.34218/IJIERD.7.2.2016.005.
- [26] M. López y P. Rodríguez, «Gestión por Procesos en el Sector del Calzado de la Zona 3», Bachelor's Thesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [27] R. B. Chase y F. R. Jacobs, *Administración de operaciones producción y cadena de suministros*, Thirteenth ed. New York: McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2010.
- [28] B. W. Niebel y A. Freiwalds, *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*, Duodécima. México: McGraw Hill, 2009.
- [29] G. Kanawaty, *Introducción al estudio del Trabajo*, Cuarta. Ginebra: Internationales Arbeitsamt, 1996.
- [30] R. García Criollo y J. Pantoja, *Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo*, Quinta. México: McGraw Hill, 2007.
- [31] L. C. Palacios Acero, *Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos*, Tercera. México: Ecoe Ediciones, 2009.
- [32] F. E. Meyers, *Motion and time study: for lean manufacturing*, 2nd ed. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 1999.
- [33] E. E. Orozco y J. E. Cervera, «Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales Apoyado en el Uso de la Simulación de Procesos», *invinning*, vol. 1, n.º 1, ene. 2013, doi: 10.17081/invinno.1.1.2066.

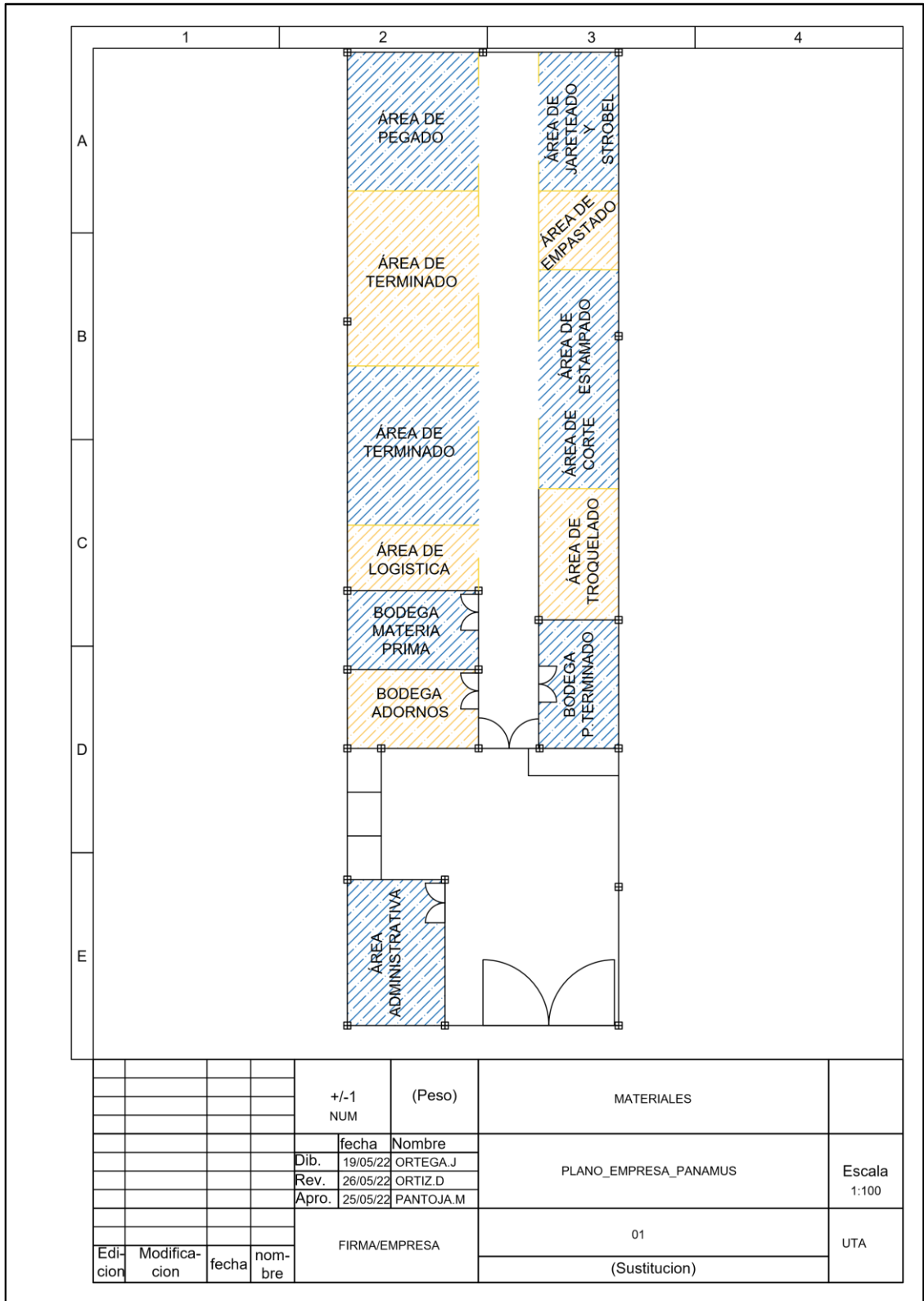
- [34] M. Ramírez, «Optimización del flujo de producción a través de métodos de distribución en planta del taller de máquinas y herramientas de la empresa SYMEP SA», Bachelor's Thesis, Universidad Técnica del Norte, Ecuador, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9515>
- [35] B. Díaz Garay y M. T. Noriega Aranibar, *Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios*, Primera. Perú: Universidad de Lima. Fondo editorial, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/10709>
- [36] J. A. Diego Más, «Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos. Aportación al control de la geometría de las actividades», Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València, España, 2007. doi: 10.4995/Thesis/10251/135821.
- [37] R. Muther, *Distribución en planta*, Segunda. Barcelona: Edit. Hispano Europea, 1981.
- [38] M. Muñoz, «Diseño de distribución en planta de una empresa textil», Bachelor's Thesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, 2004.
- [39] C. K. Medina Monteza y K. J. Meregildo Peláez, «Diseño y distribución de planta en la Empresa Textil Wilmer Sport SRL de la ciudad de Trujillo», Bachelor's Thesis, Universidad de Trujillo, Perú, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4209>
- [40] K. Torres, L. Florez, C. Sánchez, y M. Castañeda, «Metodología SLP para la distribución en planta de empresas productoras de Guadua Laminada Encolada (G.L.G)», *Ing.*, vol. 25, n.º 2, pp. 103-116, jul. 2020, doi: 10.14483/23448393.15378.
- [41] D. Barón y L. Zapata, «Propuesta de redistribución de planta en una empresa del sector textil», Bachelor's Thesis, Universidad ICESI, Colombia, 2012.
- [42] L. Carpio, «Propuesta de redistribución de planta para una empresa de confección textil», Bachelor's Thesis, Universidad Católica San Pablo, Perú, 2016. [En

línea]. Disponible en: <http://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/15437>

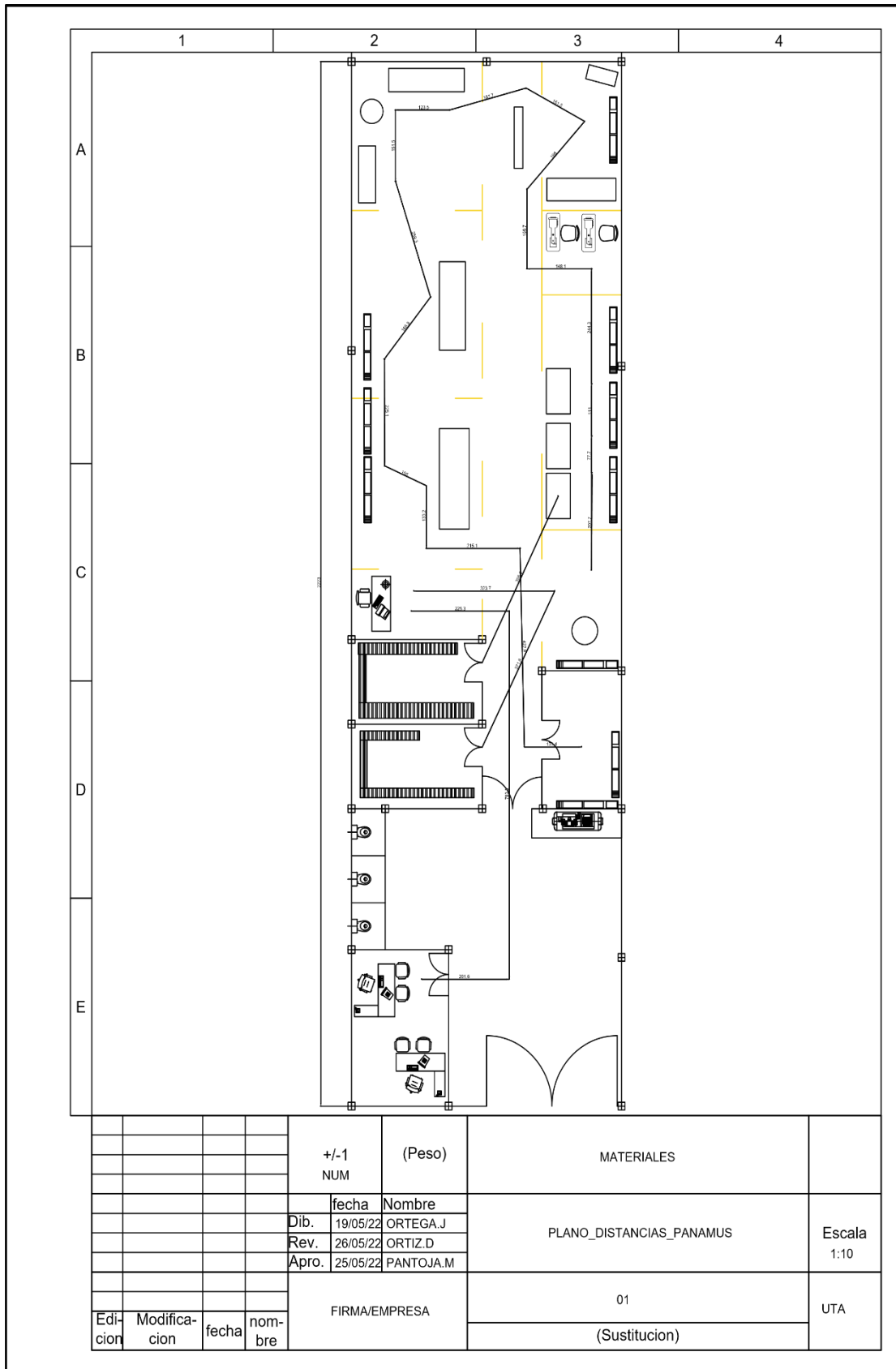
- [43] D. Fuente y I. Fernández, *Distribución en planta*. Oviedo: Servicio de Publicaciones, Universidad de Oviedo, 2005.
- [44] R. L. Francis, L. F. McGinnis, y J. A. White, *Facility layout and location: an analytical approach*, 2nd ed. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, 1992.
- [45] J. Herrera, G. Herrera, D. Ramos, A. García, H. Hernández, y C. Alvarino, *Enfoque de Técnicas de Distribución y Simulación. Rediseño de la Planta de Producción en una empresa del Sector Eléctrico Industrial*, 22.^a ed. Colombia: Ediciones Corporación Universitaria Latinoamericana, 2017.
- [46] L. Escrivá, «Aplicación del proceso analítico jerárquico (AHP) al dimensionamiento de sistemas renovables», Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València, España, 2015. [En línea]. Disponible en: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73178/21004036_TFG_14683619461433974905392726327662.pdf
- [47] E. García, H. García, y L. Cárdenas, *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*, Segund. México: Pearson EducACION, 2013.
- [48] M. Beaverstock, A. Greenwood, E. Lavery, y W. Nordgren, *Applied simulation Modeling and Analysis using FlexSim*, Quinta. Flexsim, 2017.

Anexos

Anexo 1 Plano áreas de la empresa Panamus

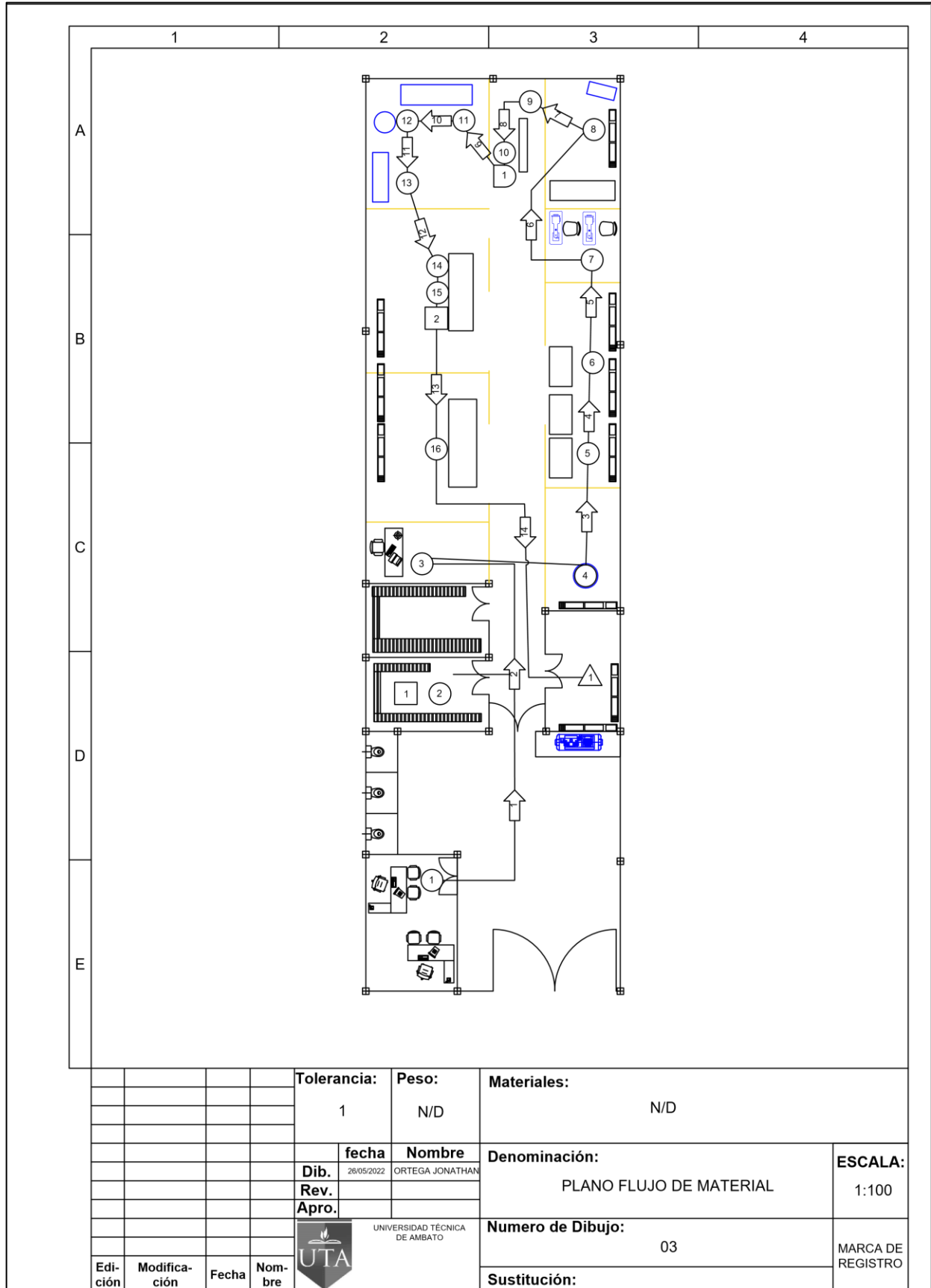


Anexo 2 Plano de distancia entre procesos



					+/-1 NUM	(Peso)	MATERIALES	
					fecha	Nombre	PLANO_DISTANCIAS_PANAMUS	Escala 1:10
				Dib.	19/05/22	ORTEGA.J		
				Rev.	26/05/22	ORTIZ.D		
					Apro.	25/05/22	PANTOJA.M	
					FIRMA/EMPRESA		01	UTA
Edi- cion	Modifica- cion	fecha	nom- bre			(Sustitucion)		

Anexo 3 Flujo de proceso empresa actual



				Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
				1	N/D	N/D	
				Dib.	fecha	Nombre	Denominación:
				Rev.	28/05/2022	ORTEGA JONATHAN	PLANO FLUJO DE MATERIAL
				Apro.			ESCALA:
							1:100
						Numero de Dibujo:	MARCA DE REGISTRO
						03	
Edi- ción	Modifica- ción	Fecha	Nom- bre	 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		Sustitución:	

Anexo 4 Número de observaciones

#	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Tiempos (min)					suma n	n^2	n
		1	2	3	4	5			
1	Ingreso de pedido	5	4.9	4.8	4.6	5.1	24.4	119.2	1
2	Inspección de materia prima	4	3.85	3.68	4.16	4.19	19.9	79.2	2
3	Inventario de bodega	3	3.1	2.96	2.8	3.1	14.96	223.8	1
4	Trasporte de orden de compra de materia prima	1	0.97	0.96	0.94	0.93	4.8	4.6	1
5	Ingreso de materia prima	3	2.99	2.87	2.6	2.5	14	39.2	3
6	Emisión de orden de producción	2	1.98	1.97	1.96	1.95	9.9	19.4	1
7	Trasporte de orden de producción	0.5	0.5	0.6	0.4	0.3	2.3	1.1	9
8	Troquelado de accesorios y plantillas	5	4.76	4.65	4.98	5	24.4	119.1	1
9	Trasporte al área de corte	0.5	0.49	0.36	0.3	0.5	2.2	1	8
10	Corte de moldes	1.3	1.26	1.4	1.36	1.98	7.3	10.9	7
11	Trasporte de suela al área de serigrafía	2	2	1.9	1.95	2	9.9	19.4	1
12	Serigrafiado de logo	1	0.6	0.7	0.7	0.6	3.6	2.6	8
13	Trasporte al área de Strobel	0.5	0.5	0.4	0.3	0.46	2.1	0.9	7
14	Costura del corte	1.1	1.13	1.18	1.05	1.3	5.7	6.6	3
15	Montaje de Jareta	3	3.02	3.05	2.9	2.8	14.77	14.77	1
16	Trasporte a máquina de Jareteado	0.5	0.36	0.64	0.75	0.54	2.8	1.6	9
17	Jareteado	2.1	2.26	2.46	1.95	2.35	11.1	24.8	3
18	Trasporte al área de rayado	0.7	0.64	0.68	0.75	0.71	3.4	2.4	2
19	Armado de horma y corte	0.6	0.76	0.69	0.64	0.7	3.4	2.3	3
20	Trasporte a percha de rayado	0.3	0.26	0.25	0.4	0.5	1.7	0.6	11
21	rayado de la platilla	1.1	0.95	1.2	1.23	0.4	4.9	5.3	12
22	Espera	4	4.3	4.1	4.6	3.96	21	88.1	2
23	Trasporte a la maquina inyectora	3	2.79	2.76	2.8	2.95	14.3	41	1
24	Inyección del corte	0.6	0.64	0.69	0.7	0.3	2.9	1.8	10
25	Trasporte a la prensadora	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	1.4	0.4	6
26	Prensado de la zapatilla	4	4.2	4.3	4.16	4.24	20.9	87.4	1
27	Trasporte al túnel de enfriado	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	1.6	0.5	5
28	Enfriado del calzado	2.3	2.34	2.27	2.46	2.59	12	28.8	2
29	Trasporte al área de terminado	0.5	0.46	0.48	0.4	0.42	2.26	1.03	3
30	Armado del terminado	1.3	1.4	1.5	0.9	1.36	6.406	8.42	6
31	Limpieza del calzado	0.3	0.2	0.35	0.27	0.34	1.405	0.41	7
32	Control de calidad	0.3	0.25	0.24	0.36	0.34	1.482	0.45	6
33	Trasporte a empaquetado	0.4	0.46	0.58	0.68	0.77	2.883	1.75	9
34	Empaquetado	0.4	0.39	0.37	0.38	0.4	1.883	0.71	1
35	Trasporte al almacenamiento	0.6	0.67	0.68	0.63	0.67	3.25	2.12	2
36	Almacenamiento	0.3	0.24	0.25	0.3	0.29	1.404	0.4	4

Anexo 5 Objetivo de la nueva ubicación de la empresa con criterios

Compare the relative importance with respect to: Goal: Nueva Ubicación de la Planta de Calzado Panamus							
	Proveedores	Seguridad	Accesibilidad	Competencia	Rutas de transporte	Costo de terreno	Normativas Gubernamentales
Proveedores		4.0	3.0	3.0	7.0	2.0	1.0
Seguridad			7.0	4.0	4.0	4.0	7.0
Accesibilidad				9.0	7.0	3.0	2.0
Competencia					3.0	1.0	1.0
Rutas de transporte						3.0	1.0
Costo de terreno							9.0
Normativas Gubernamentales	Incon: 0.06						

Anexo 6 Subcriterio respecto al criterio de los proveedores

Compare the relative importance with respect to: Proveedores			
	Cercanía de proveedores (suela y tela)	Cercanía de Proveedores (decorativas y accesorios)	Movilidad de materia prima
Cercanía de proveedores (suela y tela)		1.0	5.0
Cercanía de Proveedores (decorativas y accesorios)			5.0
Movilidad de materia prima	Incon: 1.21		

Anexo 7 Subcriterio respecto al criterio de seguridad

Compare the relative importance with respect to: Proveedores			
	Cercanía de proveedores (suela y tela)	Cercanía de Proveedores (decorativas y accesorios)	Movilidad de materia prima
Cercanía de proveedores (suela y tela)		1.0	2.0
Cercanía de Proveedores (decorativas y accesorios)			1.0
Movilidad de materia prima	Incon: 0.05		

Anexo 8 Subcriterio respecto al criterio de accesibilidad

Compare the relative importance with respect to: Accesibilidad			
	Estado de vías de acceso	Entrada de acceso	Distancia de recorrido desde vías públicas
Estado de vías de acceso		3.0	3.0
Entrada de acceso			5.0
Distancia de recorrido desde vías públicas	Incon: 0.04		

Anexo 9 subcriterio respecto al criterio de competencia

Compare the relative importance with respect to: Seguridad		
	Seguridad del sector	Seguridad interna del parque
Seguridad del sector		4.0
Seguridad interna del parque	Incon: 0.00	

Anexo 10 Subcriterio respecto al criterio de las rutas de transporte

Compare the relative importance with respect to: Rutas de transporte		
	Lineas de	Lapso de ti
Lineas de buses recurrentes		7.0
Lapso de tiempo entre buses	Incon: 0.00	


Anexo 11 Subcriterio respecto al criterio de normas gubernamentales

Compare the relative importance with respect to: Normativas Gubernamentales		
	Normativa	Requerimi
Normativa Ambiental		4.0
Requerimientos jurídicos de adecuación de instalaciones	Incon: 0.00	

Anexo 12 Toma de tiempos del proceso administrativo

Toma de tiempos del proceso administrativo																	
NUM	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Ciclos (min)													prom	V	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	Ingreso de pedido	5.0	4.9	4.8	4.6	5.1	4.9	4.84	4.83	4.82	4.81	4.8	4.84	4.8	4.8	100%	4.85
2	Inspección de materia prima	4.0	3.85	3.68	4.16	4.19	4.2	3.85	3.68	3.85	3.68	4.16	3.85	3.68	3.9	100%	3.91
3	Inventario de bodega	3	3.1	2.96	2.8	3.1	3.0	3.1	3.3	2.8	2.9	2.94	3.01	3.1	3.0	100%	3.01
4	Trasporte de orden de compra de materia prima	1	0.97	0.96	0.94	0.93	0.9	0.89	0.88	0.86	0.84	0.8	0.89	0.96	0.9	100%	0.91
5	Ingreso de materia prima	3	2.99	2.87	2.6	2.5	2.4	2.99	2.87	2.6	1.82	1.7	2.99	2.87	2.6	100%	2.63
6	Emisión de orden de producción	2	1.98	1.97	1.96	1.95	1.9	1.98	1.97	1.96	1.89	1.9	1.98	1.97	2.0	100%	1.96
7	Trasporte de orden de producción	0.5	0.5	0.6	0.4	0.3	0.3	0.5	0.6	0.4	0.11	0.1	0.5	0.6	0.4	100%	0.41
												Tiempo de ciclo				17.67	
												T. Man				17.67	
												T.MAQ				0.00	


Anexo 13 Suplementos del proceso administrativo

	Suplementos	
	Actividad: Proceso Administrativo	Sexo: Femenino
Ingreso: Pedido de zapatillas		
Salida: Orden de producción		
Suplemento	Denominación	Valor
Constante	Necesidades personales	7
	Fatiga	4
Variable	Mala iluminación	2
	Tensión mental	4
	Total	17

Anexo 3 Toma de tiempos del proceso de corte y serigrafiado

Toma de tiempos del proceso de corte y serigrafiado																	
NUM	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Ciclos (min)													prom	V	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
2	Troquelado de accesorios y plantillas	5	4.76	4.65	4.98	5	4.9	4.76	4.65	4.98	5.03	5.1	4.76	4.65	4.9	100%	4.86
3	Trasporte al área de corte	0.5	0.49	0.36	0.3	0.5	0.4	0.49	0.36	0.3	0.3	0.3	0.49	0.36	0.4	100%	0.39
4	Corte de moldes	1.27	1.26	1.4	1.36	1.98	1.9	1.26	1.4	1.36	2.52	2.7	1.26	1.4	1.6	100%	1.62
5	Trasporte de suela al área de serigrafía	2	2	1.9	1.95	2	2.0	2	1.9	1.95	1.94	1.9	2	1.9	2.0	100%	1.96
6	Serigrafiado de logo	0.95	0.6	0.7	0.7	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.29	0.2	0.6	0.7	0.6	100%	0.61
													Tiempo de ciclo			9.44	
													T. Man			9.44	
													T.MAQ			0.00	


Anexo 14 Suplementos del proceso de corte y serigrafiado

Suplementos		
		
Actividad: Proceso de corte y serigrafiado		Sexo: Masculino
Ingreso: Caucho sintético para corte de plantillas y moldes		
Salida: Piezas troqueladas y cortadas a mano		
Suplemento	Denominación	Valor
Constante	Necesidades personales	5
	Fatiga	4
Variable	Postura anormal	2
	Concentración intensa	2
	Ruido	2
	Monotonía	1
Total		16

Anexo 15 Toma de tiempos de costura y jareteado

Toma de tiempos de Costura y Jareteado																		
NUM	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Ciclos (min)														prom	V	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
13	Trasporte al área de Strobel	0.45	0.5	0.4	0.3	0.46	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4	100%	0.40	
14	Costura del corte	1.08	1.13	1.18	1.05	1.3	1.3	1.13	1.18	1.05	1.4	1.4	1.13	1.18	1.2	100%	1.19	
15	Montaje de Jareta	3	3.02	3.05	2.9	2.8	3.1	3.3	2.8	2.9	2.94	3.2	3.3	2.8	3.0	100%	3.01	
16	Trasporte a máquina de Jareteado	0.5	0.36	0.64	0.75	0.54	0.7	0.36	0.64	0.75	0.89	0.9	0.36	0.64	0.6	100%	0.62	
17	Jareteado	2.1	2.26	2.46	1.95	2.35	2.3	2.26	2.46	1.95	2.38	2.4	2.26	2.46	2.3	100%	2.27	
18	Trasporte al área de rayado	0.7	0.64	0.68	0.75	0.71	0.7	0.64	0.68	0.75	0.83	0.8	0.64	0.68	0.7	100%	0.71	
														Tiempo de ciclo			8.20	
														T. Man			8.20	
														T.MAQ			0.00	


Anexo 16 suplemento del proceso costura y jareteado

 Suplementos		
Actividad: Costura y Jareteado		Sexo: Masculino
Ingreso: Moldes armados según su modelo		
Salida: Armado de la zapatilla sin pegado		
Suplemento	Denominación	Valor
Constante	Necesidades personales	5
	Fatiga	4
Variable	Concentración intensa	2
	Ruido	2
	Tedio	2
	Total	15

Anexo 17 Toma de tiempos del proceso de Rayado

Toma de tiempos del proceso de Rayado																	
NUM	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Ciclos (min)													prom	V	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	Armado de horma y corte	0.60	0.76	0.69	0.64	0.70	0.70	0.76	0.69	0.64	0.73	0.74	0.76	0.69	0.7	100%	0.70
2	Trasporte a percha de rayado	0.30	0.26	0.25	0.40	0.50	0.50	0.26	0.25	0.40	0.72	0.77	0.26	0.25	0.4	100%	0.39
3	rayado de la platilla	1.13	0.95	1.20	1.23	0.40	0.63	0.95	1.20	1.23	0.15	0.03	0.95	1.20	0.9	100%	0.87
4	Espera	4.00	4.30	4.10	4.60	3.96	4.26	4.30	4.10	4.60	4.35	4.37	4.30	4.10	4.3	100%	4.26
														Tiempo de ciclo		6.22	
														T. Man		6.22	
														T.MAQ		0.00	

Anexo 18 Suplemento del proceso de Rayado

Suplementos		
		Sexo: Masculino
Actividad: Rayado		
Ingreso: Zapatilla sin pegado.		
Salida: plantilla pegada de pegamento de calzado.		
Suplemento	Denominación	Valor
Constante	Necesidades personales	5
	Fatiga	4
Variable	Uso fuerza muscular	1
	Postura anormal	2
	Ruido	2
Total		14

Anexo 19 Toma de tiempos del proceso de Pegado

Toma de tiempos del proceso de Pegado																	
NUM	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Ciclos (min)													prom	V	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	Trasporte a la maquina inyectora	3.00	2.79	2.76	2.80	2.95	2.83	2.79	2.76	2.80	2.80	2.79	2.79	2.76	2.8	100%	2.82
2	Inyección del corte	0.58	0.64	0.69	0.70	0.30	0.43	0.64	0.69	0.70	0.23	0.18	0.64	0.69	0.5	100%	0.55
3	Trasporte a la prensadora	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.22	0.30	0.30	0.30	0.14	0.12	0.30	0.30	0.3	100%	0.26
4	Prensado de la zapatilla	4.00	4.20	4.30	4.16	4.24	4.31	4.20	4.30	4.16	4.48	4.52	4.20	4.30	4.3	100%	4.26
5	Trasporte al túnel de enfriado	0.33	0.30	0.30	0.30	0.40	0.37	0.30	0.30	0.30	0.42	0.43	0.30	0.30	0.3	100%	0.33
6	Enfriado del calzado	2.33	2.34	2.27	2.46	2.59	2.59	2.34	2.27	2.46	2.84	2.91	2.34	2.27	2.5	100%	2.46
															Tiempo de ciclo		10.68
															T. Man		3.41
															T.MAQ		7.27


Anexo 20 Suplemento del proceso de Pegado

Suplementos		
Actividad: Proceso de pegado		Sexo: Masculino
Ingreso: Zapato con goma listo para ser pegado		
Salida: Zapato totalmente pegado y enfriado		
Suplemento	Denominación	Valor
Constante	Necesidades personales	5
	Fatiga	4
Variable	Uso fuerza muscular	3
	Postura anormal	2
	Ruido	5
Total		19

Anexo 21 Toma de tiempos del proceso de terminado

Toma de tiempos del proceso terminado																		
NUM	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Ciclos (min)														prom	V	TN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
1	Trasporte al área de terminado	0.5	0.46	0.48	0.4	0.42	0.4	0.46	0.48	0.4	0.3	0.3	0.46	0.48	0.4	100%	0.42	
3	Armado del terminado	1.3	1.4	1.5	0.9	1.36	1.2	1.4	1.5	0.9	1.08	1.1	1.4	1.5	1.3	100%	1.26	
4	Limpieza del calzado	0.3	0.2	0.35	0.27	0.34	0.4	0.2	0.35	0.27	0.45	0.5	0.2	0.35	0.3	100%	0.31	
5	Control de calidad	0.3	0.25	0.24	0.36	0.34	0.4	0.25	0.24	0.36	0.43	0.5	0.25	0.24	0.3	100%	0.31	
6	Trasporte a empaquetado	0.4	0.46	0.58	0.68	0.77	0.9	0.46	0.58	0.68	1.24	1.3	0.46	0.58	0.7	100%	0.70	
7	Empaquetado	0.4	0.39	0.37	0.38	0.4	0.4	0.39	0.37	0.38	0.44	0.5	0.39	0.37	0.4	100%	0.39	
8	Trasporte al almacenamiento	0.6	0.67	0.68	0.63	0.67	0.7	0.67	0.68	0.63	0.72	0.7	0.67	0.68	0.7	100%	0.67	
9	Almacenamiento	0.3	0.24	0.25	0.3	0.29	0.3	0.24	0.25	0.3	0.27	0.3	0.24	0.25	0.3	100%	0.27	
												Tiempo de ciclo					4.34	
												T. Man					4.34	
												T.MAQ					0.00	

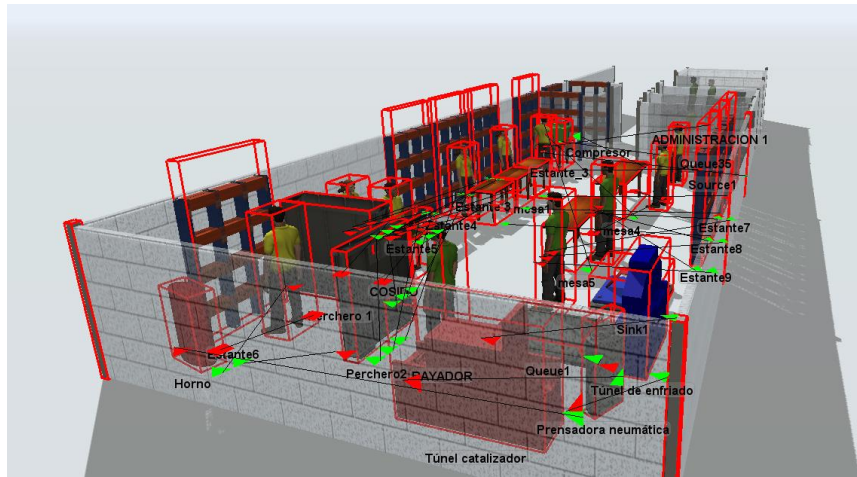
Anexo 22 suplemento del proceso de terminado

	Suplementos	
	Actividad: Proceso de terminado	Sexo: Femenino
Ingreso: Zapatilla seca y enfriada		
Salida: Zapatilla lista para el uso		
Suplemento	Denominación	Valor
Constante	Necesidades personales	7
	Fatiga	4
Variable	Uso fuerza muscular	4
	Postura anormal	9
	Ruido	5
	Concentración intensiva	5
	Total	34

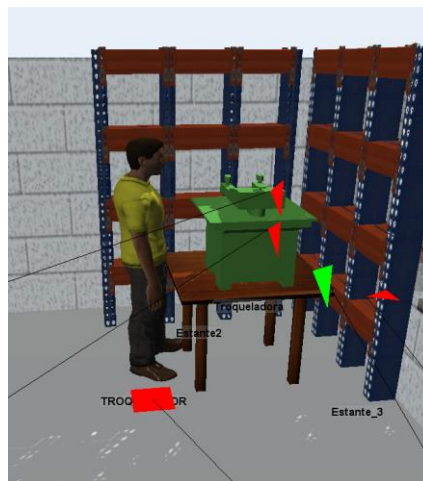
Anexo 23 Cursograma analítico propuesta ganadora

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N°01 Diagrama N°:01		Operar.		Mater.		Maqui.			
Proceso: Fabricación de calzado deportivo		RESUMEN							
Fecha: 08/03/2023		SÍMBOLO		ACTIVIDAD		Act.		Pro. Econ.	
El estudio Inicia:		●		Operación		18		18 0%	
Método: Actual: X Propuesto: ____		→		Transporte		13		13 0%	
Producto: Modelo económico e intermedio		■		Inspección		2		2 0%	
		D		Espera		1		1 0%	
Elaborado por: Jonathan Ortega		▼		Almacenaje		1		1 0%	
				Total de Actividades realizadas		35		35 0%	
				Distancia total en metros		44		32 -27%	
				Tiempo min/hombre		0		0 0%	
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Minutos	SÍMBOLOS PROCESOS				
					●	→	■	D	▼
1	Ingreso de pedido	25		5.0	●				
2	Inspección de materia prima	25		4.0			●		
3	Inventario de bodega	25		3.0	●				
4	Trasporte de orden de compra de materia prima	25	2.05	0.5		→			
5	Ingreso de material Prima	25		3.0	●				
6	Emisión de orden de producción	25		2.0	●				
7	Trasporte de orden de producción	25	2.40	1.2		→			
8	Troquelado de accesorios y plantillas	25		5.0	●				
9	Trasporte al área de corte	25	6.00	1.0		→			
10	Corte de moldes	25		1.3	●				
11	Trasporte de suela al área de serigrafía	25	1.50	1.5		→			
12	Serigrafiado de logo	25		1.0	●				
13	Trasporte al área de Strobel	25	2.30	0.5		→			
14	Costura del corte	25		1.1	●				
15	Montaje de Jareta	25		3.0	●				
16	Trasporte a maquina de Jareteado	25	2.21	0.5		→			
17	Jareteado	25		2.1	●				
18	Trasporte al área de rayado	25	2.86	0.4		→			
19	Armado de horma y corte	25		0.6	●				
20	Trasporte a percha de rayado	25	1.48	0.3		→			
21	Rayado de la platilla	25		1.1	●				
22	Espera de secago pegamento	25		4.0			D		
23	Trasporte a la maquina inyectora	25	2.53	2.0		→			
24	Inyección del corte	25		0.6	●				
25	Trasporte a la prensadora	25	2.28	0.3		→			
26	Prensado de la zapatilla	25		4.0	●				
27	Trasporte al túnel de enfriado	25	1.37	0.8		→			
28	Enfriado del calzado	25		2.3	●				
29	Trasporte al área de terminado	25	1.50	0.3		→			
30	Armado del terminado	25		1.3	●				
31	Limpieza del calzado	25		0.3	●				
32	Control de calidad	25		0.3			●		
33	Empaquetado	25		0.4	●				
34	Trasporte al almacenamiento	25	6.00	0.8		→			
35	Almacenamiento	25		0.3				●	
	Tiempo Minutos:		m	32.27	55.6	min			

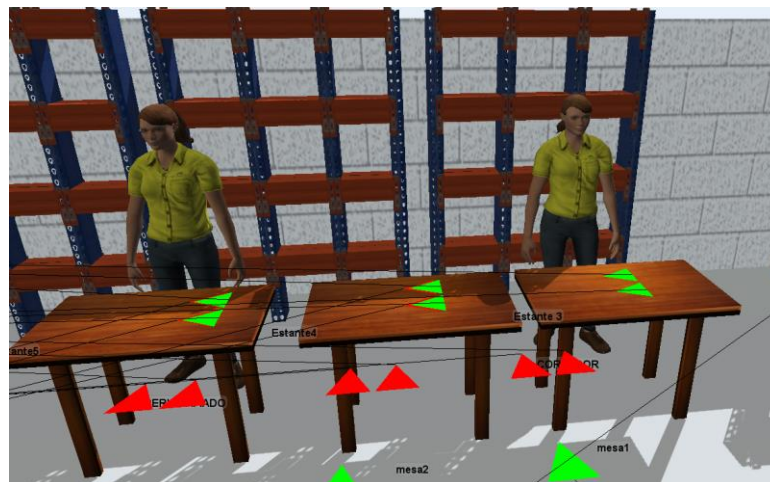
Anexo 24 simulación propuesta ganadora



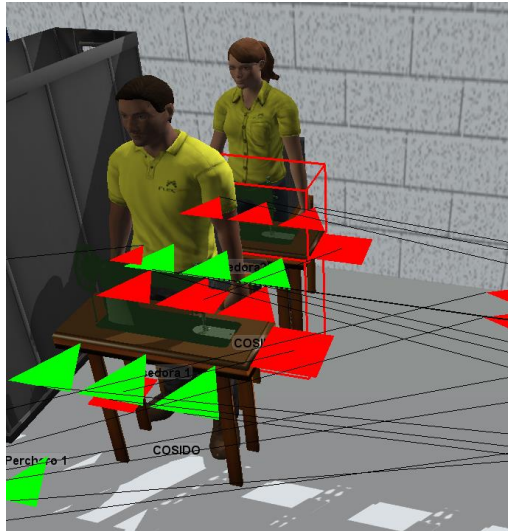
Anexo 25 simulación área de troquelado



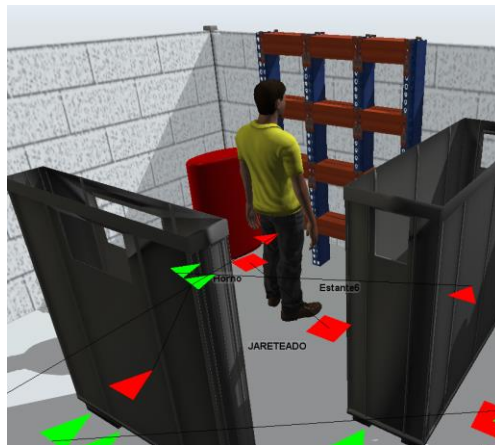
Anexo 26 Simulación área de corte y serigrafiado



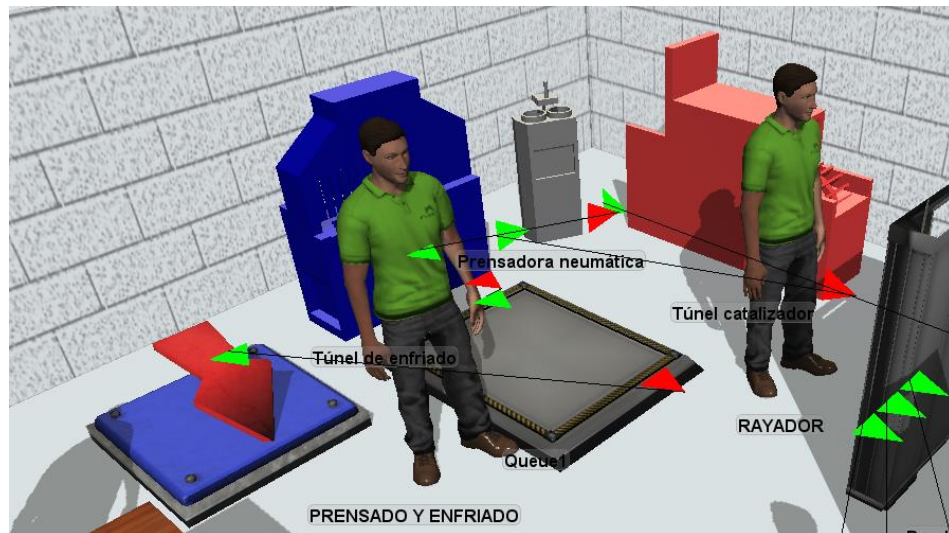
Anexo 27 simulación área de strobrel



Anexo 28 simulación área de jareteado



Anexo 29 simulación arrea de rayado, pegado y enfriado



Anexo 30 simulación área de terminado

