



**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA:

---

**REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE UN TALLER  
AUTOMOTRIZ.**

---

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor(a)**

Sayay Guayasamin César Augusto

**Tutor(a)**

MSc. Blanca Liliana Topón Visarrea

QUITO– ECUADOR  
2024

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Sayay Guayasamin César Augusto, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “Rediseño de la distribución de planta de un taller automotriz”, como requisito para optar al grado de Ingeniería Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 13 días del mes de abril de 2024, firmo conforme:

Autor: Sayay Guayasamin César Augusto

Firma:  .....

Número de Cédula: 1721497483

Dirección: Pichincha, Quito, Sangolqui, Barrio El Cabre.

Correo Electrónico: csayay@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 0998883729

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE UN TALLER AUTOMOTRIZ” presentado por Sayay Guayasamin César Augusto, para optar por el Título de Ingeniería Industrial.

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 18 de julio del 2024

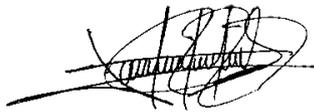
.....

MSc. Blanca Liliana Topón Visarrea

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniería Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 18 de julio 2024



.....  
Sayay Guayasamin César Augusto  
172149748-3

## **APROBACIÓN DE LECTORES**

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: **REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE UN TALLER AUTOMOTRIZ**, previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 28 de julio de 2024

.....

MSc. Fabian Alberto Sarmiento Ortiz  
LECTOR

.....

MSc. Juan Joel Segura D´rouville  
LECTOR

### **DEDICATORIA**

Dedico este logro a Dios, por brindarme la fortaleza y las oportunidades para alcanzar este momento; a mi familia, cuyo apoyo incondicional ha sido mi motor y constante inspiración; a mi hijo, mi razón de ser y mi mayor fuente de alegría; a mi esposa, mi compañera inquebrantable y pilar fundamental en cada paso de este camino; y, finalmente, a todas las personas que me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de esta travesía.

### **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la vida y por permitirme alcanzar una meta más, así como a mi esposa por estar siempre a mi lado.

También, expreso mi gratitud a la MSc. Liliana Topón, mi tutora, por su confianza en mí y por ser un apoyo incondicional en este camino.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
Introducción .....	1
Antecedentes .....	3
Justificación .....	5
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos .....	6
CAPÍTULO II.....	7
Ingeniería del Proyecto .....	7
Diagnóstico de la situación actual de la empresa .....	7
Método Guerchet.....	11
Cálculo de la demanda .....	19
Comprobación de la regresión lineal mediante software IBM SPSS statistics .....	21
Servicios más concurrentes .....	24
Cursograma analítico de mantenimientos.....	24
Resultados del diagnóstico .....	29
Área de estudio.....	29
Según el formato establecido por la universidad, .....	29
Modelo operativo .....	30
Desarrollo del modelo operativo .....	30
CAPÍTULO III .....	32
Propuesta y Resultados Esperados.....	32
Relación entre departamentos .....	33
Método de Guerchet.....	34
Diagramas de relación de actividades.....	32
Matriz Rel .....	32
Método Block Plan .....	34

Aplicación y comprobación de Software Corelap .....	36
Resultados esperados: .....	40
Cálculo de la eficiencia .....	40
Nota: En la tabla 27 se muestran los valores de los centroides desplegados en la matriz desde-hacia.....	45
Nota: En la tabla 28 se evidencia los valores correspondientes a un mes, es decir se dividió los valores de la matriz desde-hacia de la tabla 24 para 12 y se obtuvo el costo mensual. ....	45
Análisis de distribución de cursogramas analíticos.....	46
Resultados obtenidos con la mejor propuesta .....	49
Layout propuesto.....	50
Cronograma de actividades para la aplicación de la propuesta .....	52
Análisis de costos.....	53
CAPÍTULO IV .....	55
Conclusiones y Recomendaciones .....	55
Conclusiones: .....	55
Recomendaciones:.....	57
Bibliografía.....	58
ANEXOS .....	54
Aprobación de abstract .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 . Boletín de ventas del 2022 al 2023 .....	2
Tabla 2 Inventario de máquinas y herramientas .....	11
Tabla 3 Coeficiente para la superficie .....	14
Tabla 4 Método de Guerchet .....	17
Tabla 5 Cálculo del factor K .....	19
Tabla 6 Demanda anual de mantenimientos .....	19
Tabla 7 Regresión lineal .....	20
Tabla 8 Proyección demanda 2024.....	21
Tabla 9 Cursograma analítico del cambio de aceite .....	26
Tabla 10 Cursograma analítico del ABC del motor .....	27
Tabla 11 Cursograma analítico de ABC de frenos .....	28
Tabla 12 Desarrollo del modelo operativo. ....	30
Tabla 13 Producción anual de mantenimientos .....	33
Tabla 14 Estaciones de trabajo con su área física .....	33
Tabla 15 Inventario de máquinas y herramientas actual .....	34
Tabla 16 Método Guerchet actual .....	30
Tabla 17 Calculo del factor K actual .....	32
Tabla 18 Rango y simbología.....	33
Tabla 19 Matriz de relación.....	34
Tabla 20 Parámetros del taller automotriz.....	34
Tabla 21 Matriz desde-hacia.....	35
Tabla 22 Flujo de material.....	40
Tabla 23 Cálculo de la eficiencia en base a la adyacencia bloc plan .....	41
Tabla 24 Cálculo de la eficiencia en base a la adyacencia del software corelap.....	42
Tabla 25 Coordenadas X, Y .....	44
Tabla 26 Distancia rectilínea entre departamentos.....	44
Tabla 27 Matriz desde-hacia de distancias .....	45
Tabla 28 Matriz de costos.....	45
Tabla 29 Cursograma analítico del cambio de aceite actual .....	46
Tabla 30 Cursograma analítico del ABC del motor actual.....	47
Tabla 31 Cursograma analítico del ABC de frenos actual .....	48
Tabla 32 Cronograma de actividades de implementación de la propuesta.....	52
Tabla 33 Análisis de costos mensuales de mano de obra .....	53

Tabla 34 Costo de la obra civil.....	54
Tabla 35 Costo total de la redistribución.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del taller .....	7
Figura 2 Layout inicial del taller .....	8
Figura 3 Layout de los movimientos .....	9
Figura 4 Organigrama del taller.....	9
Figura 5 Superficies de Guerchet .....	12
Figura 6 Superficie estática .....	12
Figura 7 Superficie de gravitación .....	13
Figura 8 Valores del periodo y mantenimientos.....	22
Figura 9 Regresión lineal.....	22
Figura 10 Resumen del modelo .....	23
Figura 11 Servicios con mayor concurrencia .....	24
Figura 12 Modelo operativo .....	30
Figura 13 Adquisición del terrero adyacente.....	32
Figura 14 Simbología de la matriz rel .....	32
Figura 15 Propuesta de layout .....	35
Figura 16 Propuesta layout mediante bandas .....	36
Figura 17 Definición de departamentos.....	37
Figura 18 Matriz de relación .....	37
Figura 19 Orden de los departamentos .....	38
Figura 20 Propuesta de Layout.....	39
Figura 21 Propuesta de layout .....	39
Figura 22 Layout con mayor eficiencia.....	42
Figura 23 Centroides de las estaciones de trabajo.....	43
Figura 24 .Layout propuesta de implementación .....	50

**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA: REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE UN TALLER AUTOMOTRIZ**

**AUTOR(A):** César Augusto Sayay Guayasamin

**TUTOR (A):** MSc. Blanca Liliana Topón Visarrea

**RESUMEN EJECUTIVO**

La presente investigación se realiza en un taller automotriz ubicado en Sangolquí, Ecuador, el mismo enfrenta problemas operativos debido a una distribución inadecuada de la planta, escasez de espacios entre las áreas que ocupan los puestos de trabajo, causando retrasos en las entregas de los vehículos. Por lo antes expuesto se hace necesario rediseñar la distribución de planta del taller automotriz mediante técnicas heurísticas para la optimización de espacios y cumplimiento de la demanda. Para tal fin se emplea los métodos: Guerchet, el cual permite evaluar el área real necesaria tomado en consideración el equipamiento instalado, Block Plan, la misma realiza una identificación entre áreas con una mayor interacción, por último, se utiliza el Software CORELAP con la finalidad de lograr una ubicación óptima de los puestos de trabajo en la planta. Se obtiene como resultado al aplicar la primera metodología la verdadera magnitud que debería tener el área de la planta, aplicando la segunda metodología se obtuvo la correcta redistribución de los puestos de trabajo en el área, con la utilización del tercer método se logra una optimización de los espacios con respecto a la metodología precedente seleccionada anteriormente. Las principales conclusiones de este trabajo muestran la necesidad de incrementar el área de planta de 402m<sup>2</sup> a 699m<sup>2</sup>. Las áreas de mayor interacción corresponden a: Bahías de Mantenimiento, Oficina - Bodega y Lavadora. Dicha propuesta de redistribución de planta garantiza una eficiencia del 93.85%, reduciendo el tiempo total de los tres servicios más frecuentes en un 13.19% y liberando 77 m<sup>2</sup> que se generan con el movimiento del operario, mejorando el flujo de materiales y un aumento en la capacidad operativa, asegurando un cumplimiento de la demanda futura.

**DESCRIPTORES:** heurísticas, rediseño de planta, taller automotriz.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER**

**TEMA: REDESIGN OF THE PLANT LAYOUT OF AN AUTOMOBILE  
REPAIR SHOP.**

**AUTOR(A):** César Augusto Sayay Guayasamin

**TUTOR (A):** MSc. Blanca Liliana Topón Visarrea

### **ABSTRACT**

This research is carried out in an automobile repair shop located in Sangolquí, Ecuador, which faces operational problems due to an inadequate distribution of the plant, a shortage of spaces between the areas occupied by the work stations, causing delays in the delivery of vehicles. Based on the above, it is necessary to redesign the layout of the automobile repair shop using heuristic techniques to optimize space and compliance with the demand. For this purpose, the following methods are used: Guerchet, which allows evaluating the real area needed taking into account the installed equipment; Block Plan, which identifies areas with greater interaction; and finally, CORELAP Software is used to achieve an optimal location of the work stations in the plant. By applying the first methodology the result obtained is the true magnitude that the plant area should have, by applying the second methodology the correct redistribution of the work stations in the area was obtained, with the use of the third method an optimization of the spaces is achieved with respect to the previous methodology selected previously. The main conclusions of this work show the need to increase the plant area from 402m<sup>2</sup> to 699m<sup>2</sup>. The areas of greatest interaction correspond to: Maintenance Bays, Office - Warehouse and Washing Machine. This proposal for plant redistribution guarantees an efficiency of 93.85%, reducing the total time of the three most frequent services by 13.19% and freeing up 77 m<sup>2</sup> generated by the movement of the operator, improving the flow of materials and an increase in operational capacity, ensuring compliance with future demand.

**KEYWORDS:** automobile repair shop, heuristics, plant redesign.

# CAPÍTULO I

## Introducción

La distribución de plantas en el sector automotriz a nivel mundial se considera como el arreglo de un espacio físico en el cual se va a trabajar en sus instalaciones, que van a interactuar entre si buscando minimizar flujos, distancias y tiempos de producción, buscando maximizar eficiencia, optimización de espacios físicos, calidad y garantizando seguridad (Multi Washer, 2021). Generando una buena distribución de planta se puede reducir los gastos operativos hasta en un 50%. Como paso preliminar para un rediseño de plantas se ha considerado escuchar las necesidades, aspiraciones y expectativas del cliente para comenzar con un equipo, el cual será el encargado de realizar no solo un diseño funcional si no también que posea un ambiente agradable.

El rediseño de plantas automotrices a nivel de Ecuador requeriría un enfoque específico que tome en consideración las características únicas del país, así como los desafíos y oportunidades que presenta su contexto. Analizar las demandas y preferencias del mercado automotriz en Ecuador, incluyendo el tipo de vehículos más demandados, las tendencias de consumo y las expectativas de los consumidores en términos de calidad y características. También se debe tomar en cuenta que la mayoría de los talleres automotrices son multi marca lo que nos genera buscar máquinas y herramientas que sean estándar para la necesidad de vehículos en los cuales vamos a trabajar.

Ecuador tiene una variedad de vehículos en el mercado según el análisis generado por Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) en el año 2023, en cual se puede evidenciar el porque de los talleres automotrices en su mayoría ya no laboran con una sola marca en específico, debido a la gran importación de vehículos que provienen de diferentes continentes lo cual hace el mercado mas agresivo con respecto a la venta de los mismos. (AEADE, 2023)

Tabla 1 .  
Boletín de ventas del 2022 al 2023

Marcas	2022	2023
	Ene - May	Ene - May
CHEVROLET	10678	10189
KIA	5923	9565
TOYOTA	4210	3972
HYUNDAI	2301	2983
CHERY	3141	2804
RENAULT	2746	2337
SHINERAY	1712	2179
JAC	2641	2096
SUZUKI	862	1724
GREAT WALL	1761	1561
DFSK	1514	1550
VOLKSWAGWN	1381	1440
JETOUR	1337	1437
MAZDA	995	1341
HINO	1185	1122
DONGFENG	798	1047
NISSAN	657	1043
FORD	674	1031
CHANGAN	722	831
JMC	353	572
<b>OTRAS</b>	<b>7262</b>	<b>6995</b>

Nota: Extraído de (AEADE, 2023), las unidades vendidas entre enero y mayo del 2022 al 2023.

El taller automotriz ha experimentado un incremento en la demanda. Sin embargo, debido al espacio reducido en el área actual, no es posible atender a todos los clientes, lo que genera molestias y malestar en el público, impidiendo el crecimiento empresarial. Por ello, se ha decidido expandirse adquiriendo una propiedad adyacente. El rediseño de la planta de este taller automotriz debe tener en cuenta la diversidad de marcas y modelos de vehículos que atiende. Este está organizado en áreas específicas para mantenimiento, lavado, alineación y balanceo, donde se realizan actividades como el desmontaje y ensamble de partes, así como mantenimientos preventivos y correctivos. Equipado con herramientas adecuadas para cada tarea, el taller puede atender hasta tres vehículos simultáneamente en mantenimiento y uno en lavado. Un análisis ha revelado que la actual disposición de la planta afecta negativamente la productividad, evidenciando pérdidas de

tiempo y necesidad de repetir procesos, lo que a su vez provoca retrasos en la entrega de los vehículos.

## **Antecedentes**

El taller automotriz, ubicado en Sangolquí, Ecuador, se dedica a ofrecer una amplia gama de servicios automotrices, entre los cuales se incluyen el mantenimiento ABC de motores y frenos, cambios de distribución, revisiones de suspensión, diagnósticos con escáner, puesta a punto del motor, alineación y balanceo, entre otros. Sin embargo, al analizar estos procesos, se ha identificado una distribución inadecuada de la planta, lo cual genera diversos problemas operativos. Esta mala distribución ocasiona retrasos en los procesos, obstrucción entre las áreas de trabajo, acumulación de materiales en el piso y congestión en los corredores. Como consecuencia, se producen demoras en la entrega de los vehículos, lo que resulta en la insatisfacción de los clientes y pérdidas económicas para la empresa.

En el taller, las actividades se organizan por procesos o funciones, agrupando tareas relacionadas en áreas específicas. No obstante, esta disposición actual no está optimizada, lo que evidencia la necesidad de una reestructuración para mejorar la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

Tomando en cuenta el incremento en la demanda de mantenimientos ha motivado al taller automotriz a adquirir un terreno contiguo para expandir sus instalaciones. Esta nueva adquisición, situada en un terreno adyacente al taller, requiere un rediseño inmediato de la planta para mejorar las limitaciones previamente mencionadas, al priorizar la seguridad de los colaboradores y garantizar un ambiente laboral adecuado, es crucial abordar la mala ubicación de las herramientas y máquinas, ya que esto genera tiempos que no agregan valor, como tener que caminar distancias innecesarias. Implementar un plan de mejora en la distribución de la planta con metodologías actuales serán de ayuda para optimizar la disposición de los espacios físicos siendo esto fundamental para la producción del taller automotriz.

Anteriormente, la ubicación incorrecta de las herramientas y máquinas dificultaba el acceso a ellas debido al espacio limitado en la empresa automotriz. La capacidad de albergar solo cuatro vehículos se ve superada por la creciente demanda de los clientes, lo que compromete la eficiencia en el mantenimiento.

La mala distribución de la planta también aumenta el riesgo de derrames de aceite, lo cual es perjudicial para el medio ambiente.

(Ministerio de ambiente, 2019) afirma que

Art. 1.- El presente Acuerdo tiene como objeto establecer los requisitos y lineamientos ambientales para la implementación del principio de Responsabilidad Extendida del Productor, aplicado al aceite lubricante. Esto abarca la gestión ambientalmente adecuada, cuando el aceite lubricante se ha convertido en residuo o desecho peligroso, incluyendo los envases vacíos de los mismos.

Art 2.- Para efectos del presente Instructivo, la aplicación de Responsabilidad Extendida sobre los productos aceite lubricante, aceites base o aceite baseregenerado, considerará las definiciones establecidas en el artículo 25 del presente instructivo, que incluyen: aceite base, aceite mineral de motores (vehículos y máquinas industriales), fluidos hidráulicos y de transmisión, aceites de corte y los de transferencia de calor los cuales luego de su uso se convierten en residuos peligrosos al igual que sus envases vacíos.

Quedan exceptuados de la aplicación del presente instructivo los aceites dieléctricos los cuales se gestionarán en base a su norma específica (p. 3).

## Justificación

Este análisis es muy **importante** para mejorar la eficiencia operativa, optimizar el espacio, garantizar la seguridad de los trabajadores, facilitar un flujo de trabajo fluido y preparar el taller para adaptarse al crecimiento futuro.

Es de un **impacto** significativo en el medio ambiente, ya que reducen considerablemente el riesgo de derrames de fluidos peligrosos como aceite, gasolina, líquido de frenos, entre otros también nos va ayudar a organizar de mejor manera las áreas internas, garantizando eliminación de desperdicios.

Esta propuesta que se va desarrollar será muy **útil** para un entorno laboral puede ser invaluable para los trabajadores. Proporciona un entorno de trabajo más seguro y cómodo al eliminar riesgos y mejorar la ergonomía. Además, optimiza los flujos de trabajo, reduciendo tiempos de desplazamiento y aumentando la eficiencia. Un diseño bien pensado también puede mejorar la moral y la satisfacción laboral al crear un ambiente más agradable y funcional.

Los trabajadores serán los principales **beneficiarios** de este proyecto, ya que les permitirá optimizar al máximo sus espacios físicos. Disfrutarán de ambientes ordenados, seguros y altamente productivos.

Esta propuesta metodológica es **factible** gracias a la disposición de los propietarios y a la reciente adquisición del inmueble donde se implementará.

## **Objetivo general**

Rediseñar la distribución de planta del taller automotriz mediante técnicas heurísticas para la optimización de espacios y cumplimiento de la demanda.

## **Objetivos específicos**

- Identificar la situación actual de la empresa mediante análisis guerchet, cursograma analítico y cálculo de la demanda determinando los parámetros necesarios para cumplimiento con la producción.
- Determinar diferentes escenarios de distribución de planta mediante el método block plan y software corelap identificando la distribución de planta adecuada para el taller automotriz.
- Rediseñar la distribución del layout mediante la metodología SLP optimizando los espacios y cumpliendo la demanda proyectada.

## CAPÍTULO II

### Ingeniería del Proyecto

#### Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Ubicado en la intersección de la Av. Gral. Rumiñahui y Tanicuchi (Quito-Ecuador), se encuentra nuestro taller automotriz, como se ilustra en la Figura 1. Somos una empresa especializada en servicios automotrices, ofreciendo mantenimientos preventivos, correctivos y puesta a punto de motor para una amplia gama de vehículos de diferentes marcas.

Nuestra historia se remonta a 1999, cuando comenzamos como un taller artesanal. Con el paso del tiempo, hemos ganado reconocimiento y hemos experimentado un crecimiento considerable.

*Figura 1*  
*Ubicación geográfica del taller*

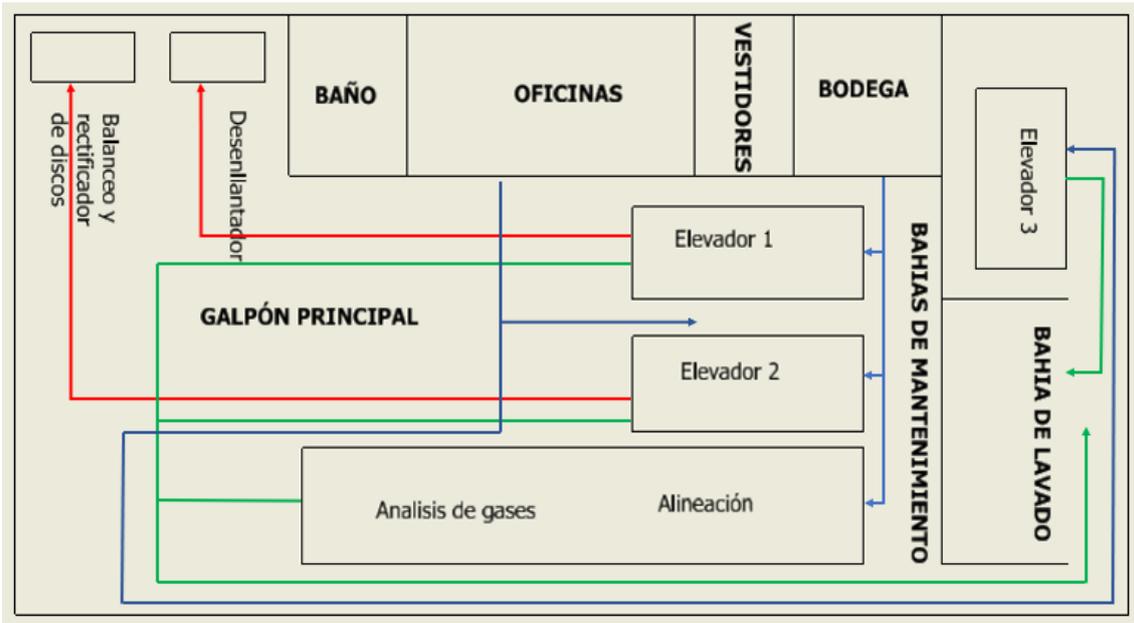


Nota: La figura 1, muestra la ubicación de la empresa automotriz

Referencia: Google Earth.



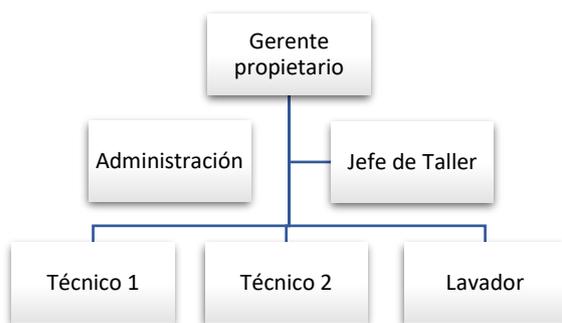
Figura 3  
Layout de los movimientos



Nota: La figura 3, muestra el flujo de las personas transportando el material, repuestos y la distancia entre un área a otra, los colores nos indican la trayectoria entre áreas.

El organigrama del taller automotriz está estructurado de la siguiente manera, como se puede observar en la Figura 4.

Figura 4  
Organigrama del taller



Nota: Organigrama del taller automotriz

Referencia: El autor

### Actividades del personal

- Gerente propietario  
Supervisar y liderar las labores del equipo en la unidad, con habilidades en mecánica automotriz y manejo financiero del mismo.

- Recepción de vehículos
- Validación de problemas
- Contratación del personal
- Marguen legal
  
- Administración
  - Encargada de atención al cliente y finanzas de la empresa
  - Generaciones de facturas
  - Cobros a los clientes
  - Contabilidad de las facturas
  - Atención al cliente
  - Redes sociales
  
- Jefe de taller
  - Garantizar el óptimo rendimiento del taller mecánico bajo su responsabilidad.
  - Fiscalizar el trabajo de los técnicos
  - Entregar los vehículos al tiempo establecido
  - Mantenimientos de los equipos y herramientas
  - Garantizar un ambiente laboral adecuado
  
- Técnicos
  - Realizar mantenimientos direccionados por el jefe de taller.
  - ABC de motor
  - ABC de frenos
  - Reparación de motores
  - Alineación de vehículos
  - Análisis de gases
  - Cargas de aire acondicionado
  - Cambios de aceite
  
- Lavador
  - Realizar la limpieza de todos los vehículos que ingresan al taller.
  - Lavada express
  - Lavada completa
  - Lavada integra de asientos

- Lavada con pulverización

El diseño de la planta se realizó de manera empírica, lo que ha dado lugar a áreas de trabajo con movimientos innecesarios y herramientas dispersas por el suelo, generando desorden y condiciones inseguras para los operadores. Se ha llevado a cabo un inventario de las máquinas y herramientas en el cual se puede evidenciar la cantidad de equipos fijos y móviles, detallado en la Tabla 2.

*Tabla 2*  
*Inventario de máquinas y herramientas*

<b>Equipo y Herramientas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fijo y móvil</b>
Elevador de 2 columnas	3	Altura 384 cm, ancho 320 cm y largo 500 cm	F
Elevador de 4 postes	1	Altura 230 cm, ancho 344 cm y largo 424 cm	F
Mesas de trabajo	3	Altura 83,5 cm, ancho 90 cm y largo 100 cm	F
Mesa de reparación de motores.	1	Altura 84 cm, ancho 70 cm y largo 230 cm	F
Recarga del aire acondicionado	1	Altura 63 cm, ancho 50 cm y largo 81 cm	F
Desenllantadora	1	Altura 183 cm, ancho 100 cm y largo 126 cm	F
Rectificado de discos	1	Altura 133 cm, ancho 165 cm y largo 177 cm	F
Balaceadora	1	Altura 166 cm, ancho 130 cm y largo 150 cm	F
Rampa de lavado	1	Altura 50 cm, ancho 250 cm y largo 300 cm	F
Alineadora	1	Altura 280 cm, ancho 70 cm y largo 195 cm	F
Máquina de limpieza de inyectores	1	Altura 140 cm, ancho 50 cm y largo 55 cm	F
Esmeril	1	Altura 110 cm, ancho 30 cm y largo 42 cm	F
Recolector de aceite	1	Altura 153 cm, ancho 53 cm y largo 67 cm	M
Máquina de descarbonizar	1	Altura 82 cm, ancho 53 cm y largo 74 cm	M
Analizador de gases	1	Altura 85 cm, ancho 53 cm y largo 68 cm	M

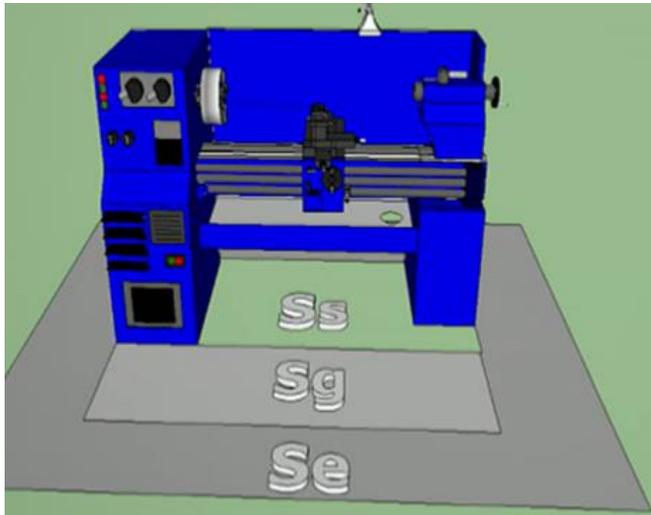
Nota: Levantamiento de la situación actual de la empresa de sus equipos contamos con 3 equipos móviles y 12 equipos fijos.

### **Método Guerchet**

(Cuatrecasas, 2012) afirma que

Según el método de Guerchet, la superficie total vendrá dada por la suma de tres superficies parciales como se muestra en la Figura 5.

Figura 5  
Superficies de Guerchet



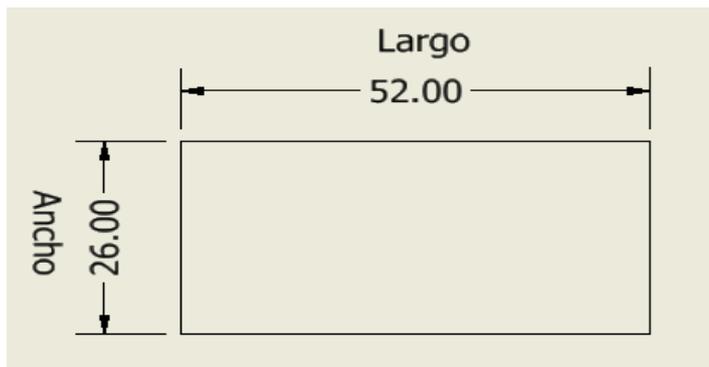
Nota: Representa los espacios físicos a calcular.

1. Superficie estática: Ss. Esta es la superficie productiva, es decir, la que ocupa físicamente la maquinaria, el mobiliario y las demás instalaciones.

$$Ss = \text{largo} \times \text{ancho}$$

$$Ss = L \times A$$

Figura 6  
Superficie estática



Nota: Representación de las medidas de la superficie estática

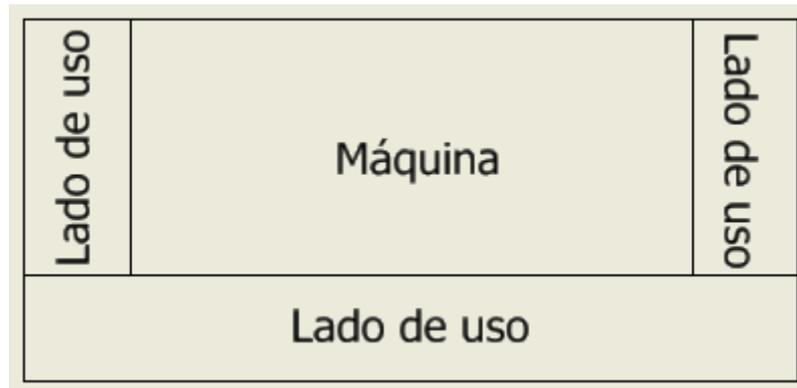
2. Superficie de gravitación: Sg. Se trata de la superficie utilizada por los operarios que están trabajando y por la materia que está procesándose en un puesto de trabajo. Ésta se obtiene multiplicando la superficie estática por el número de lados (n) de ésta que deban estar operativos, es decir, por los que

se utilizará la máquina:  $S = g \times n$ . En el caso que se estudiara la superficie de un almacén, consideraríamos esta superficie como nula, ya que con los stocks no se opera, solo se transportan. Igualmente ocurriría si las máquinas en estudio fueran automáticas.

$$Sg = \text{Superficie estática} \times N \text{ lados}$$

$$Sg = Se \times N$$

Figura 7  
Superficie de gravitación



Nota: Representación del número de lados en el cual se trabaja.

3. Superficie de evolución:  $Se$ . Contempla la superficie necesaria a reservar entre diferentes puestos de trabajo para el movimiento del personal y del material y sus medios de transporte. Se obtiene como suma de la superficie estática más la de gravitación, afectada por un coeficiente  $k$ . Este coeficiente variará en función de la proporción entre el volumen del material (y personal) que se esté moviendo entre los puestos de trabajo y el tamaño de las máquinas de dichos puestos, es decir, del cociente de la cota del elemento de transporte (que suele ser la anchura) por la cota media de la máquina.

$$Se = (\text{Superficie estática} + \text{Superficie de gravitación}) \times \text{Coeficiente } K$$

$$Se = (Se + Sg) \times K$$

A modo de ejemplo, en la Tabla 3, se dan una serie de valores del coeficiente  $k$  de diversos tipos de industrias. (p. 332).

Tabla 3  
Coeficiente para la superficie

TIPOS DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA	K
Gran industria, alimentación y evacuación mediante grúa puente	0,05 a 0,15
Trabajo en cadena, con transportador aéreo	0,1 a 0,25
Textil, hilados	0,05 a 0,25
Textil, tejidos	0,5 a 1
Relojería y joyería	0,75 a 1
Pequeña mecánica	1,5 a 2
Industria mecánica	2 a 3

Nota: Coeficiente de holgura entre 0,05 a 3

Con base en el inventario de herramientas y máquinas, como se refleja en la Tabla 2, vamos a llevar a cabo un análisis del espacio disponible utilizando la metodología de Gourchet para el cual realizaremos unos ejemplos de equipos móviles y fijos a :

- Equipo fijo.

Elementos	Cantidad n o Q	Numer o de lados	Largo L(m)	Anch o A(m)	Alto H(m )
Elevador de 2 columnas	3	4	6,0	3,4	3,84

*Coeficiente de evolución = K*

$$K = 0,42$$

*Superficie estática = L x A*

$$Ss = L x A$$

$$Ss = 5,0 m x 3,2 m$$

$$Ss = 16 m^2$$

***Superficie estática 16 m<sup>2</sup>***

$$Ss x Q$$

$$Ss x Q = 16 m x 3$$

$$Ss \times Q = 48m$$

$$Ss \times Q \times H$$

$$Ss \times Q \times H = 48m \times 3,84m$$

$$Ss \times Q \times H = 184,3m^2$$

$$\text{Superficie de gravitación} = Ss \times n \text{ de lados}$$

$$Sg = 16 m \times 4$$

$$Sg = 64 m$$

$$\text{Superficie de gravitación} = 64 m$$

$$\text{Superficie de evolución} = (Ss + Sg) \times K$$

$$Se = (16 m + 64 m) \times 0,42$$

$$Se = 33,46 m$$

$$\text{Superficie de evolución} = 33,46 m$$

$$\text{Superficie Total Unitaria} = Ss + Sg + Se$$

$$ST = Ss + Sg + Se$$

$$ST = 16 m^2 + 64 m + 33,6m$$

$$ST = 113,46m^2$$

$$\text{Superficie Total Unitaria} = 113,46m^2$$

$$\text{Superficie Total} = ST \times Q$$

$$STT = ST \times Q$$

$$STT = 113,46 m^2 \times 3$$

$$STT = 340,37m^2$$

$$\text{Superficie Total} = 340,37m^2$$

- Equipo móvil

Elementos	Cantidad n o Q	Numer o de lados	Largo L(m)	Anch o A(m)	Alto H(m )
Analizador de gases	1	2	0,68	0,53	0,85

$$\text{Superficie estática} = L * A$$

$$Ss = L * A$$

$$Ss = 0,68 \text{ m} * 0,53 \text{ m}$$

$$Ss = 0,36 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie estática} = \mathbf{0,36 \text{ m}^2}$$

$$Ss * Q$$

$$Ss * Q = 0,36 \text{ m}^2 * 1$$

$$\mathbf{Ss * Q = 0,36 \text{ m}^2}$$

$$Ss * Q * H$$

$$Ss * Q * H = 0,36 \text{ m}^2 * 0,85 \text{ m}$$

$$\mathbf{Ss * Q * H = 0,31 \text{ m}^2}$$

- Cálculo del factor K

$$\text{Estaticos} = \frac{\sum (Ss * Q * H)}{\sum (Ss * Q)}$$

$$\text{Estaticos} = \frac{239,24}{82,70}$$

$$\text{Estaticos} = 2,89$$

$$\text{Moviles} = \frac{\sum (Ss * Q * H)}{\sum (Ss * Q)}$$

$$\text{Estaticos} = \frac{110,01}{45,46}$$

$$\text{Moviles} = 2,42$$

$$K = \frac{\text{Movile}}{2 * \text{Estaticos}}$$

$$K = \frac{2,42}{2 * 2,89}$$

$$K = 0,42$$

Tabla 4  
Método de Guerchet

Método Guerchet-superficie													
Cuál es el área total disponible							Ss			SG	SE	ST	STT
Elementos	Cantidad n o Q	Nro de lados N	Largo L(m)	Ancho A(m)	Altura H(m)		L*A	Ss*Q	Ss*Q*H	Ss*N	(Ss+SG)*K	Ss+SG+S E	ST*Q(m2)
Elevadores de 2 columnas	3	4	5,00	3,20	3,84	Estáticos o fijos	16,00	48,00	184,32	64,00	33,46	113,46	340,37
Elevadores de 4 postes	1	2	4,24	3,44	2,30		14,59	14,59	33,55	29,17	18,30	62,06	62,06
Mesas de trabajo	3	1	1,00	0,90	0,84		0,90	2,70	2,25	0,90	0,75	2,55	7,66
Mesa de reparación de motores	1	3	2,30	0,70	0,84		1,61	1,61	1,34	4,83	2,69	9,13	9,13
Recarga de aire acondicionado	1	3	0,81	0,50	0,63		0,41	0,41	0,26	1,22	0,68	2,30	2,30
Desenllantadora	1	3	1,26	1,00	1,83		1,26	1,26	2,31	3,78	2,11	7,15	7,15
Rectificador de discos	1	3	1,77	1,65	1,33		2,92	2,92	3,88	8,76	4,89	16,57	16,57
Balanceadora	1	3	1,50	1,30	1,66		1,95	1,95	3,24	5,85	3,26	11,06	11,06
Rampa de lavado	1	4	3,00	2,50	0,50		7,50	7,50	3,75	30,00	15,68	53,18	53,18
Alineadora	1	4	1,95	0,70	2,80		1,37	1,37	3,82	5,46	2,85	9,68	9,68
Limpieza de inyectoras	1	1	0,55	0,50	1,40		0,28	0,28	0,39	0,28	0,23	0,78	0,78
Esmeril	1	3	0,42	0,30	1,10		0,13	0,13	0,14	0,38	0,21	0,71	0,71
								<b>82,70</b>	<b>239,24</b>		<b>Superficie total</b>		<b>520,66</b>
Recolector de aceite	2	4	0,67	0,53	1,53	Móviles	0,36	0,71	1,09				
Vehiculos en interacción	4	4	3,50	3,00	2,50		10,50	42,00	105,00				
Máquina descarbonizante	1	2	0,74	0,53	0,82		0,39	0,39	0,32				
Analizador de gases	1	2	0,68	0,53	0,85		0,36	0,36	0,31				
Operarios	4			0,50	1,65		0,50	2,00	3,30				
							<b>45,46</b>	<b>110,01</b>					

Nota: Hoja de cálculos de equipos móviles y fijos

Tabla 5  
Cálculo del factor K

<b>Estáticos</b>	<b>hEE</b>	2,89	<b>Suma(Ss*Q*H)/sum(Ss*Q)</b>
<b>Moviles</b>	<b>hEM</b>	2,42	<b>Suma(Ss*Q*H)/sum(Ss*Q)</b>
	<b>K calculado</b>	0,42	

Nota: En la tabla 5 se puede evidenciar el calculo del factor K entre equipos móviles y herramientas.

Aplicando el método Gouchet, se determinó que los equipos actuales requieren un espacio de 520,66 m<sup>2</sup>, pero solo se dispone de 402 m<sup>2</sup>. Esta limitación indica que el espacio físico con el que contamos no es suficiente y se necesita expandirse.

### **Cálculo de la demanda**

Esta empresa se encuentra en un momento crucial donde la comprensión y la anticipación de la demanda son esenciales para una planificación estratégica efectiva. Por ello, nos embarcaremos en un análisis exhaustivo de la demanda, abarcando el periodo comprendido entre los años 2019 y 2023. Este análisis nos proporcionará una visión integral de cómo ha evolucionado la demanda de nuestros servicios de mantenimiento a lo largo de estos años.

Para llevar a cabo este análisis, recopilaremos datos detallados de la cantidad de mantenimientos realizados anualmente durante el periodo mencionado. Estos datos nos permitirán identificar patrones, tendencias y posibles fluctuaciones en la demanda a lo largo del tiempo. Además, nos proporcionarán una base sólida para proyectar nuestra demanda futura.

A continuación, se apreciará los mantenimientos correspondientes a cada año como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6  
Demanda anual de mantenimientos

<b>Año</b>	<b>Demanda 1 semestre</b>	<b>Demanda 2 semestre</b>	<b>Demanda anual</b>
2019	459	502	961
2020	490	518	1008
2021	689	804	1493
2022	1167	1101	2268
2023	1491	1105	2596

Nota: Mantenimientos realizados en el transcurso de los años divididos en dos semestres.

Una vez que hayamos recopilado y analizado los datos pertinentes, utilizaremos técnicas estadísticas, como la regresión lineal como se puede evidenciar en la Tabla 7, para modelar y predecir la demanda futura. La regresión lineal nos permitirá identificar relaciones significativas entre las variables temporales y la cantidad de mantenimientos realizados.

Tabla 7  
Regresión lineal

Producción anual		Regresión Lineal	
Periodo	Mantenimientos	Regresión Lineal (RL)	Medición de error acumulado (CFE)
		453,000	-913646
		$y=xm+b$ -913646	$b=y-mx$
2019	961	961,0	0
2020	1.008	1.414,0	406
2021	1.493	1.867,0	374
2022	2.268	2.320,0	52
2023	2.596	2.773,0	177
2024		<b>3.226,0</b>	<b>3.226</b>

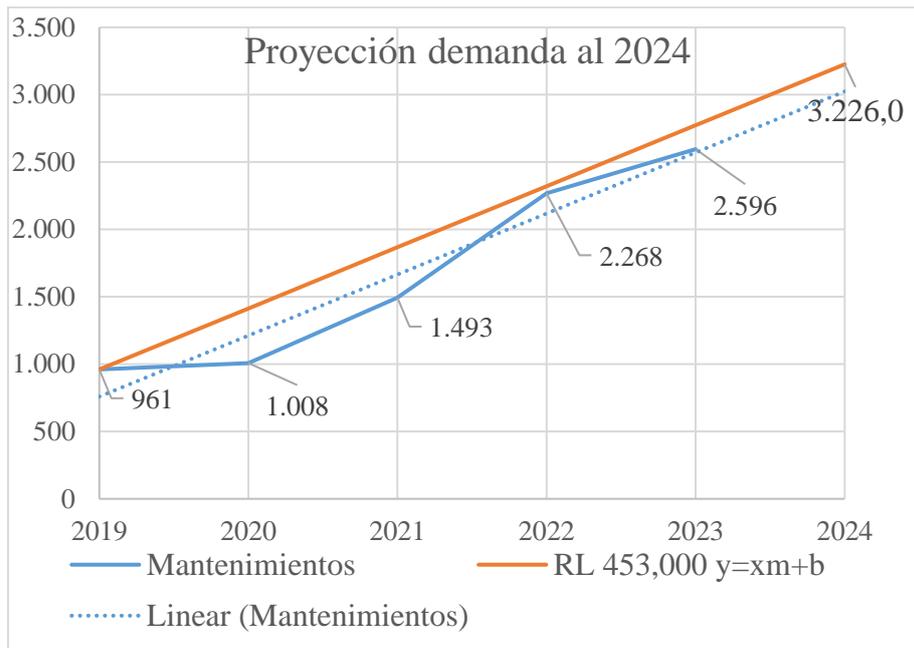
Nota: Calculo de la demanda para el 2024.

Basándonos en los datos obtenidos, podemos generar una proyección de la demanda esperada para el año 2024. Nuestro análisis revela un patrón consistente de crecimiento, con un aumento del 24% anual en la cantidad de mantenimientos con respecto al año 2024. Este incremento se visualiza claramente en la Tabla 8, donde se muestra la tendencia ascendente de la demanda a lo largo del tiempo.

La proyección del crecimiento anual se fundamenta en la observación de las tendencias históricas y en el análisis de factores que podrían influir en la demanda futura. Además, hemos tenido en cuenta el potencial impacto de eventos externos, como cambios en la economía o en las preferencias del mercado.

Al proyectar un aumento del 24% anual, estamos adoptando un enfoque prudente pero optimista, que refleja tanto la confianza en nuestros servicios como la precaución necesaria para anticipar posibles fluctuaciones en la demanda. Esta proyección nos brinda una guía clara para la planificación y la toma de decisiones estratégicas, permitiéndonos ajustar nuestros recursos y capacidades operativas para satisfacer las necesidades futuras de nuestros clientes de manera efectiva.

Tabla 8  
Proyección demanda 2024



Nota: Se evidencia un crecimiento en la demanda para el año 2024.

### Comprobación de la regresión lineal mediante software IBM SPSS statistics

Este software es un programa estadístico que facilita la toma de decisiones y permite validar si nuestra proyección de la demanda es precisa. A continuación, ingresamos los valores del período en la primera columna y los datos de los mantenimientos en la columna siguiente, como se aprecia en la Figura 8.

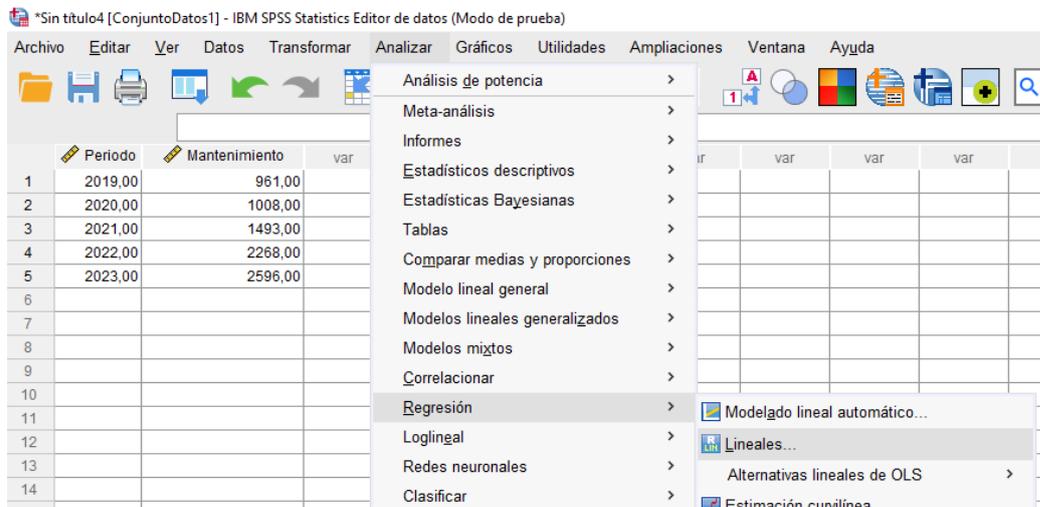
Figura 8  
Valores del periodo y mantenimientos.

	Periodo	Mantenimiento	var	var	var	va
1	2019,00	961,00				
2	2020,00	1008,00				
3	2021,00	1493,00				
4	2022,00	2268,00				
5	2023,00	2596,00				
6						
7						

Nota: En este software ingresamos los valores correspondientes a la demanda anual.

Una vez ingresados los valores, hacemos clic en "Analizar datos" y seleccionamos "Regresión lineal", como se muestra en la Figura 9.

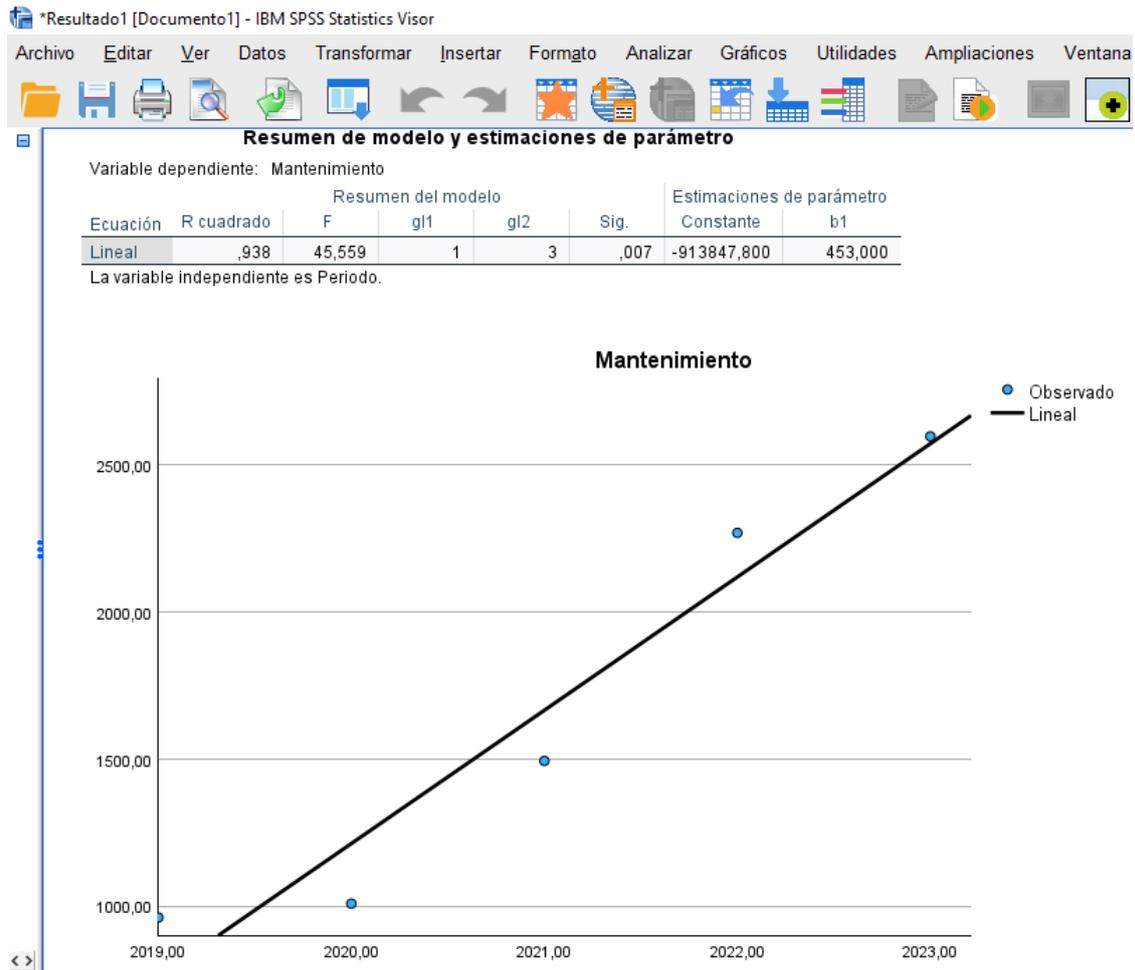
Figura 9  
Regresión lineal



Nota: Analizamos los datos con la opción de regresión lineal.

Se genera un resumen del modelo y la estimación correspondiente a los valores ingresados como se muestra en la Figura 10.

Figura 10  
Resumen del modelo



Nota: Se muestra la regresión lineal con sus ponderaciones.

(Estrategias de Inversión, 2022) afirma que

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es una medida utilizada para explicar cuánta variabilidad de un factor puede ser causada por su relación con otro factor relacionado. Esta correlación, conocida como "bondad de ajuste", se representa como un valor entre 0,0 y 1,0. Un valor de 1,0 indica un ajuste perfecto y, por tanto, un modelo muy fiable para las previsiones futuras, mientras que un valor de 0,0 indicaría que el cálculo no logra modelar los datos con precisión en absoluto (p. 1).

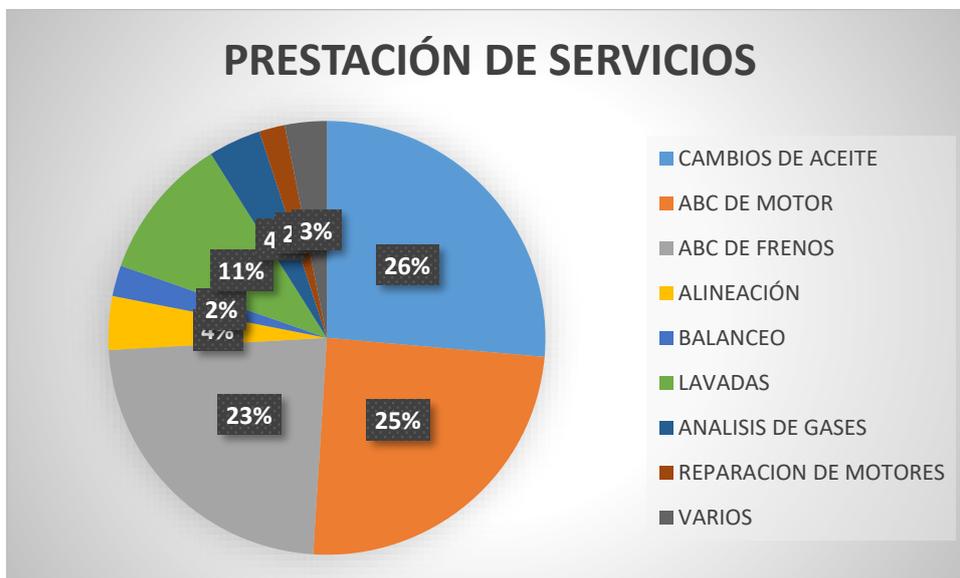
En el software, se puede observar un  $R^2$  de 0,938, lo que indica que esta proyección es altamente confiable. Por lo tanto, el cálculo de la demanda será preciso y fiable. También se observa que los valores obtenidos por el software son idénticos a los obtenidos en el cálculo realizado previamente.

## Servicios más concurrentes

El análisis realizado revela el servicio más relevante para el taller automotriz en comparación con el año 2023, como se ilustra en la Figura 11 Servicios con mayor . El diagrama de pastel resalta los servicios más frecuentes, siendo los tres principales cambios de aceite, con un 26,4%. Este servicio es altamente demandado debido a la disponibilidad de insumos en nuestra bodega, lo que nos permite atender vehículos de cualquier marca o modelo sin restricciones. Le siguen en importancia el mantenimiento ABC de frenos, con un 23,1%, y el mantenimiento ABC de motor, con un 24,6%.

Es crucial destacar que, dada nuestra ubicación estratégica cerca de los centros de inspección vehicular, los servicios ABC de frenos y motor adquieren una relevancia significativa. Garantizan que los vehículos estén en óptimas condiciones para superar estas inspecciones y minimizan la probabilidad de encontrar inconvenientes durante el proceso de revisión.

Figura 11  
Servicios con mayor concurrencia



Nota: Representa los mantenimientos generados en el año 2023 con los diversos servicios.

## Cursograma analítico de mantenimientos

Con base en el análisis de los servicios con mayor concurrencia, planeamos desarrollar un cursograma analítico de los mantenimientos. Este nos permitirá visualizar

en detalle las operaciones involucradas, los tiempos de cada proceso y las cantidades de transporte necesarias. Este enfoque nos ayudará a identificar áreas de mejora y optimización en nuestras actividades de mantenimiento, permitiéndonos aumentar la eficiencia y la calidad del servicio.



Tabla 10  
Cursograma analítico del ABC del motor

Cursograma analítico								
Diagrama Num: 02	Hoja N° 1 de 1	Resumen						
Proceso: ABC de Motor		Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
Lugar: Área de producción	Ficha núm: 01	Operación	<input type="radio"/>					
		Transporte	<input type="checkbox"/>					
		Espera	<input type="checkbox"/>					
		Inspección	<input type="checkbox"/>					
Operario (s): Javier Oña	Ficha núm: 01	Almacenamiento	<input type="checkbox"/>					
		Distancia (m)						
		Tiempo (min-hombre)						
Compuesto por: César Sayay Aprobado por: Wilmer Suquillo	Fecha:	Costo						
	Fecha:	- Mano de obra - Material						
		Total						
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo			Observaciones	
				<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recepción del vehículo	1	5				X		
Preparación del vehículo	1	3,3		X				
Ingreso al elevador	1	4,12	20			X		
Abrir el capot del vehículo	1	2		X				
Solicitar repuestos	1	5,21				X		
Verificar herramientas necesarias	1	4,05				X		
Cambio de filtro de aire	1	3,05		X				
Limpieza del cuerpo de aceleración	1	5,52		X				
Cambio de filtro de combustible	1	4,42		X				
Insertar Canister limpiador de inyectores	1	25,45		X				
Retiro e inspección	1	6,49		X				
Encender el vehículo	1	5		X				
Traslado del vehículo a el área de lavado	1	4,52	30			X		
Total	13	75,08	50					

Nota: Se puede identificar los pasos a seguir para realizar un ABC de motor, con su tiempo y distancia.

Tabla 11  
Cursograma analítico de ABC de frenos

Cursograma analítico									
Diagrama Num: 03		Hoja N° 1 de 1		Resumen					
Proceso: ABC de frenos		Actividad		Actual	Propuesta	Economía			
Lugar: Área de producción		Operación		○					
Operario (s): Javier Oña		Transporte		⇨					
Fecha: 01		Espera		□					
Fecha: 01		Inspección		□					
Fecha: 01		Almacenamiento		▽					
Fecha: 01		Distancia (m)							
Fecha: 01		Tiempo (min-hombre)							
Compuesto por: César Sayay		Costo							
Aprobado por: Wilmer Suquillo		- Mano de obra							
Fecha: 01		- Material							
Fecha: 01		Total							
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones
				○	□	□	⇨	▽	
Recepción del vehículo	1	5				X			
Preparación del vehículo	1	3,3		X					
Ingreso al elevador	1	4,12	20				X		
Apagar el vehículo	1	2		X					
Elevar el vehículo	1	1,25		X					
Retiro de llantas delanteras y posteriores	1	7,56	10				X		
Retiro de mordazas y tambores	1	12,45	5				X		
Inspección del estado de pastillas y zapatas	1	5,19		X					
Limpieza de las 4 ruedas	1	15		X					
Cambio de pastillas y zapatas	1	6,42		X					
Purga del sistema de frenos	1	5		X					
Regulación del freno de mano	1	3,42		X					
Revisión de presión de llantas	1	3,51		X					
Inspección final	1	3,1			X				
Traslado del vehículo a el área de lavado	1	4,52	30				X		
Total	15	81,84	65						

Nota: Se puede identificar los pasos a seguir para realizar un ABC de frenos, con su tiempo y distancia.

Se llevó a cabo un levantamiento de información detallado del establecimiento en el que estamos trabajando, donde se documentaron sus dimensiones, herramientas, maquinaria y el personal involucrado en el taller automotriz. Con base en estos datos y utilizando el método Guerchet, se validó la superficie física actual del taller.

Además, se realizó un análisis de la demanda para evaluar la necesidad de una posible ampliación en el futuro, basándose en datos de años anteriores. Se observó claramente un crecimiento proyectado para el año 2024.

Considerando los mantenimientos más frecuentes, se priorizarán los tres primeros: cambios de aceite, ABC de frenos y motor, optimizando tanto el tiempo como la distancia estimada para su ejecución.

### **Resultados del diagnóstico**

A través de la aplicación del método Gouchet, se logró una detallada determinación de las dimensiones de cada uno de los equipos actualmente en uso. Se desarrolló un modelo matemático que reveló una superficie total de 520,66 m<sup>2</sup> requerida para la cantidad de maquinaria disponible. Es importante destacar que, inicialmente, solo se contaba con un espacio físico de 402 m<sup>2</sup>. Debido a esta limitación de espacio, se concluye que existe una distribución inadecuada de la planta, lo que podría resultar en dificultades para los operadores al transitar por el área.

El análisis proyecta un crecimiento anual del 24% en la demanda de mantenimientos para 2024, basado en tendencias históricas y factores futuros. Esta proyección, que toma en cuenta posibles cambios económicos y de mercado, proporciona una guía para planificar y ajustar recursos y capacidades operativas, asegurando una respuesta efectiva a las necesidades de los clientes.

### **Área de estudio**

**Según el formato establecido por la universidad,**

Dominio: Tecnología y Sociedad

Línea de investigación: Sistemas Industriales

Sub-Línea de investigación: Modelado de sistemas industriales, permite identificar y caracterizar un sistema industrial con el objetivo de optimizarlo.

Campo: Ingeniería Industrial

Área: Producción

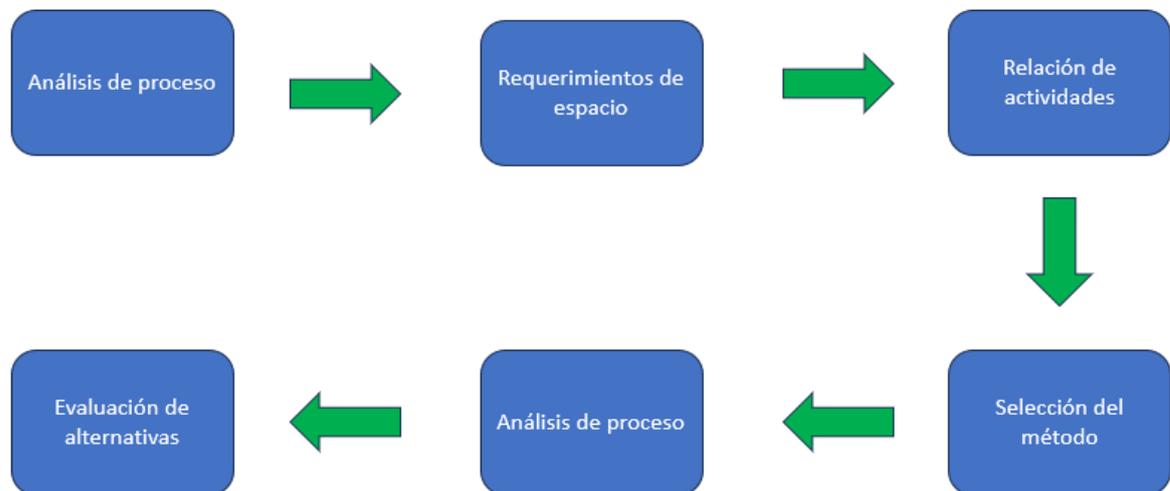
Aspectos Rediseño de la planta de un taller automotriz

Objeto de estudio: Taller automotriz

Periodo de análisis Marzo 2024 – Julio 2024

## Modelo operativo

Figura 12  
Modelo operativo



Nota: En la presente figura se describen los pasos a seguir para el presente modelo operativo SLP.

## Desarrollo del modelo operativo

Tabla 12  
Desarrollo del modelo operativo.

<b>Desarrollo del modelo operativo</b>	
<b>Análisis de proceso</b>	Se identificarán los servicios más comunes realizados durante el año junto con sus ponderaciones correspondientes. Asimismo, se asignará a cada estación de trabajo un valor correspondiente a su área, designándolas con una letra.
<b>Requerimientos de espacio</b>	Mediante el método Guerchet se evaluarán los nuevos equipos que se adquirirán para la expansión del taller automotriz y se determinará si el área actual es adecuada para todas las estaciones de trabajo.
<b>Relación de actividades</b>	Con la ayuda de una matriz REL, vamos a evaluar la importancia entre las estaciones de trabajo. Se generará una simbología utilizando las vocales, donde 'A' representa la más importante y 'U' con una importancia menor.
<b>Selección de método</b>	Utilizaremos el método block plan para desarrollar una alternativa. Además, nos apoyaremos en el software Corelap para obtener dos criterios diferentes y escoger el mejor.

<b>Análisis de proceso</b>	Se realizará un cálculo de eficiencia para determinar cuál de las dos alternativas mencionadas anteriormente es la mejor opción para el taller automotriz.
<b>Evaluación de las alternativas</b>	Una vez seleccionada la alternativa que garantiza mayor eficiencia, se realizarán los cursogramas analíticos con la nueva distribución de planta para evidenciar tiempos y distancias.

Nota: Pasos a seguir para realizar el modelo operativo.

## CAPÍTULO III

### Propuesta y Resultados Esperados

Basándonos en el análisis previamente realizado en el Capítulo II, se puede observar la situación actual del taller automotriz. Este taller está programado para expandirse hacia un terreno adyacente, como se muestra en la Figura 13, con el fin de crear más bahías de mantenimiento y adquirir más maquinaria, herramientas y personal para satisfacer la demanda actual. Para lograr esto, vamos a implementar las siguientes metodologías:

- Relación entre departamentos análisis de procesos
- Método de Guerchet
- Diagrama de relación de actividades matriz rel
- Selección del método de diseño de planta
- Método Block plan
- Software Corelap
- Evaluación de alternativas/ cálculo de la eficiencia

*Figura 13*  
*Adquisición del terreno adyacente*



Nota: Se puede evidenciar el terreno que se adquirió para la expansión del taller automotriz.

## Relación entre departamentos

Se considerarán los servicios de mantenimiento más comunes, como se muestra en la Tabla 13, para visualizar el flujo entre las estaciones de trabajo. Se utilizarán los datos de demanda del año 2024, para calcular el porcentaje anual de servicios correspondientes y la secuencia que sigue para culminar cada uno de los mantenimientos.

Tabla 13  
Producción anual de mantenimientos

SERVICIOS	PONDERACION	SERVICIOS ANUALES
CAMBIOS DE ACEITE	26,4%	852
ABC DE MOTOR	24,6%	794
ABC DE FRENOS	23,1%	745
ALINEACIÓN	4,0%	129
BALANCEO	2,3%	74
LAVADAS	10,7%	345
ANALISIS DE GASES	3,9%	126
REPARACION DE MOTORES	1,9%	61
VARIOS	3,1%	100
TOTAL 2024	100,0%	3226

Nota: Se observa en la tabla la cantidad de mantenimientos anuales que se realizan por cada servicio.

Con la información obtenida mediante el método Guerchet, vamos a considerar las siguientes estaciones de trabajo junto con sus respectivas áreas, que se muestran a continuación en la Tabla 14.

Tabla 14  
Estaciones de trabajo con su área física

Estación de trabajo	Área m <sup>2</sup>	Estación
Oficinas y bodega	65,5	A
Bahía de mantenimiento	517,50	B
Balanceo y rectificadora	30,02	C
Alineación	61,93	D
Banco de suspensión	11,46	E
Lavadas	12,25	F
TOTAL	698,65	

Nota: En la tabla 14 se puede evidenciar las dimensiones de cada área de trabajo.

### Método de Guerchet

Para esta expansión, se adquirirá maquinaria (un elevador de dos columnas, una máquina de prueba de suspensión y recolector de aceite), herramientas dos mesas de trabajo) y se contratará a una persona para llevar a cabo estas tareas. Se realizará un nuevo análisis del área, considerando que el terreno adyacente tiene 297 m<sup>2</sup>, lo que aumentará el área total disponible a 699 m<sup>2</sup> con estas nuevas implementaciones.

Tabla 15  
Inventario de máquinas y herramientas actual

Equipo y Herramientas	Cantidad	Descripción	Fijo y móvil
Elevador de 2 columnas	4	Altura 384 cm, ancho 320 cm y largo 500 cm	F
Elevador de 4 postes	1	Altura 230 cm, ancho 344 cm y largo 424 cm	F
Mesas de trabajo	5	Altura 83,5 cm, ancho 90 cm y largo 100 cm	F
Mesa de reparación de motores.	1	Altura 84 cm, ancho 70 cm y largo 230 cm	F
Recarga del aire acondicionado	1	Altura 63 cm, ancho 50 cm y largo 81 cm	F
Desenllantadora	1	Altura 183 cm, ancho 100 cm y largo 126 cm	F
Rectificado de discos	1	Altura 133 cm, ancho 165 cm y largo 177 cm	F
Balanceadora	1	Altura 166 cm, ancho 130 cm y largo 150 cm	F
Banco de suspensión	1	Altura 34 cm, ancho 80 cm y largo 234 cm	F
Rampa de lavado	1	Altura 50 cm, ancho 250 cm y largo 300 cm	F
Alineadora	1	Altura 280 cm, ancho 70 cm y largo 195 cm	F
Máquina de limpieza de inyectores	1	Altura 140 cm, ancho 50 cm y largo 55 cm	F
Esmeril	1	Altura 110 cm, ancho 30 cm y largo 42 cm	F
Recolector de aceite	2	Altura 153 cm, ancho 53 cm y largo 67 cm	M
Máquina de descarbonizar	1	Altura 82 cm, ancho 53 cm y largo 74 cm	M
Analizador de gases	1	Altura 85 cm, ancho 53 cm y largo 68 cm	M

Nota: Inventario actual con la adquisición de las nuevas herramientas y máquinas.

Tabla 16  
Método Guerchet actual

Método Guerchet-superficie													
Cuál es el área total disponible							Ss		SG	SE	ST	STT	
Elementos	Cantidad n o Q	Nro de lados N	Largo L(m)	Ancho A(m)	Altura H(m)		L*A	Ss*Q	Ss*Q*H	Ss*N	(Ss+SG)*K	Ss+SG+SE	ST*Q (m2)
Elevadores de 2 columnas	4	4	5,00	3,20	3,84	Estáticos o fijos	16,00	64,00	245,76	64,00	32,69	112,69	450,77
Elevadores de 4 postes	1	2	4,24	3,44	2,30		14,59	14,59	33,55	29,17	17,88	61,64	61,64
Mesas de trabajo	4	1	1,00	0,90	0,84		0,90	3,60	3,01	0,90	0,74	2,54	10,14
Mesa de reparación de motores	1	3	2,30	0,70	0,84		1,61	1,61	1,34	4,83	2,63	9,07	9,07
Recarga de aire acondicionado	1	3	0,81	0,50	0,63		0,41	0,41	0,26	1,22	0,66	2,28	2,28
Desenllantadora	1	3	1,26	1,00	1,83		1,26	1,26	2,31	3,78	2,06	7,10	7,10
Rectificador de discos	1	3	1,77	1,65	1,33		2,92	2,92	3,88	8,76	4,77	16,46	16,46
Balaceadora	1	3	1,50	1,30	1,66		1,95	1,95	3,24	5,85	3,19	10,99	10,99
Rampa de lavado	1	4	3,00	2,50	0,50		7,50	7,50	3,75	30,00	15,32	52,82	52,82
Alineadora	1	4	1,95	0,70	2,80		1,37	1,37	3,82	5,46	2,79	9,61	9,61
Limpieza de inyectores	1	1	0,55	0,50	1,40		0,28	0,28	0,39	0,28	0,22	0,77	0,77
Banco de suspensión	1	4	2,34	1,25	0,34		2,93	2,93	0,99	11,70	5,98	20,60	20,60
Esmeril	1	3	0,42	0,30	1,10		0,13	0,13	0,14	0,38	0,21	0,71	0,71
							<b>102,52</b>	<b>302,43</b>		<b>Superficie total</b>		<b>652,97</b>	
Recolector de aceite	2	4	0,67	0,53	1,53	Móviles	0,36	0,71	1,09				
Vehiculos en interacción	4	4	3,50	3,00	2,50		10,50	42,00	105,00				
Máquina descarbonizante	1	2	0,74	0,53	0,82		0,39	0,39	0,32				
Analizador de gases	1	2	0,68	0,53	0,85		0,36	0,36	0,31				
Operarios	5			0,50	1,64		0,50	2,50	4,10				
							<b>45,96</b>	<b>110,81</b>					

Nota: Cálculos de las nuevas herramientas a implementar en el taller automotriz de equipos móviles y fijos.

Tabla 17  
Cálculo del factor K actual

<b>Estáticos</b>	<b>hEE</b>	2,95	<b>Suma(Ss*Q*H)/sum(Ss*Q)</b>
<b>Moviles</b>	<b>hEM</b>	2,41	<b>Suma(Ss*Q*H)/sum(Ss*Q)</b>
	<b>K calculado</b>	0,41	

Nota: Se puede evidenciar los cálculos para obtener el factor k.

Según el cálculo realizado utilizando el método Guerchet, se evidencia que el área física de 652,97 m<sup>2</sup> propuesta con la adquisición de los nuevos equipos es adecuada y coincide con las necesidades actuales. Se puede asegurar la viabilidad de esta propuesta.

### Diagramas de relación de actividades

#### Matriz Rel

Esta matriz Rel permite evaluar la importancia relativa de cada par de departamentos en términos de su proximidad. En resumen, la matriz REL es una herramienta metodológica que resume la información sobre la importancia relativa de las ubicaciones entre cada par de secciones. Se califica la cercanía de las estaciones de trabajo mediante las siguientes ponderaciones:

Figura 14  
Simbología de la matriz rel

A	=====	Absolutamente necesario
E	=====	Especialmente importante
I	=====	Importante
O	=====	Importante ordinaria
U		No importante

Nota: Se muestran las vocales con sus ponderaciones correspondientes, desde el mas necesario al menos indispensable.

Con el conocimiento de la simbología de la matriz rel, procedemos a generar nuestra matriz de relaciones a partir de una matriz desde-hacia, asignando los respectivos valores. Consideramos un puntaje de adyacencia para establecer las conexiones entre los elementos.

$$Rango = \frac{Limite Superior - Limite Inferior}{5}$$

$$Rango = \frac{2391 - 0}{5}$$

$$Rango = 478,2$$

Utilizando este rango que se obtuvo anteriormente será el intervalo entre las vocales, comenzamos a asignar las siguientes ponderaciones: la letra A, con sus cuatro líneas, es absolutamente necesario; la vocal B, con tres líneas, es particularmente importante; la vocal I, con dos líneas, se considera importante; la vocal O tiene tan solo una línea, poca importancia; y finalmente, la vocal U, que no tiene líneas y es considerada de poca relevancia en su ubicación. Siendo 2391 la ponderación más alta y 0 la más baja como se puede apreciar en la Tabla 21.

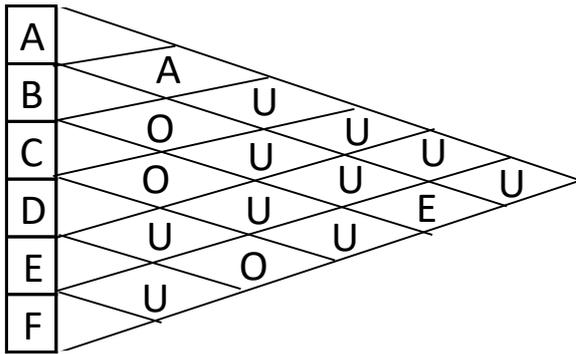
Tabla 18  
Rango y simbología

A	1916 - 2394
E	1437 - 1915
I	958 - 1436
O	479 - 957
U	0 - 478

Nota: Rangos e intervalos entre cada vocal.

Con los valores generados en la matriz desde-hacia que se muestra en la Tabla 21, ingresamos los datos en nuestra matriz de relación y acorde con los valores obtenidos se procede a colocar las siguientes ponderaciones tal como se pudo observar en la Tabla 18.

Tabla 19  
Matriz de relación



Nota: En esta tabla se puede identificar las áreas con mayor interacción siendo estas las que contienen las vocales con mayor ponderación como se muestra la Tabla 18.

### Método Block Plan

El algoritmo propuesto para la construcción o mejora de la distribución de instalaciones organiza los departamentos en bandas rectangulares. Se especifica que el número de bandas puede ser 2 o 3, con flexibilidad en sus anchuras. Es fundamental que cualquier distribución inicial esté dividida en bandas para ser compatible con el Block plan. Se emplea una distribución continua y se utiliza una tabla desde-hacia junto con una tabla de relaciones como datos iniciales. El objetivo principal es optimizar los costos al minimizar las distancias dentro de las instalaciones.

Con los datos recopilados anteriormente, procedemos a generar nuestra matriz desde-hacia, la cual contendrá representaciones numéricas. Para esto vamos a contemplar que el terreno total tiene una forma rectangular, esto quiere decir que vamos a trabajar en dos bandas para poder aprovechar el espacio en totalidad.

Tabla 20  
Parámetros del taller automotriz

SERVICIOS	SECUENCIA	PRODUCCION
1	ABF	852
2	ABF	794
3	ABCDF	745
4	AD	129
5	AC	74
6	AF	345

ESTACIÓN	ÁREA m2
Oficinas y bodega	45,5
Bahía de mantenimiento	473,75
Balaceo y rectificadora	34,54
Alineación	71,25
Banco de suspensión	20,60
Lavadas	52,82

Nota: Secuencias de los mantenimientos en su proceso por sus áreas de trabajo.

Tabla 21  
Matriz desde-hacia

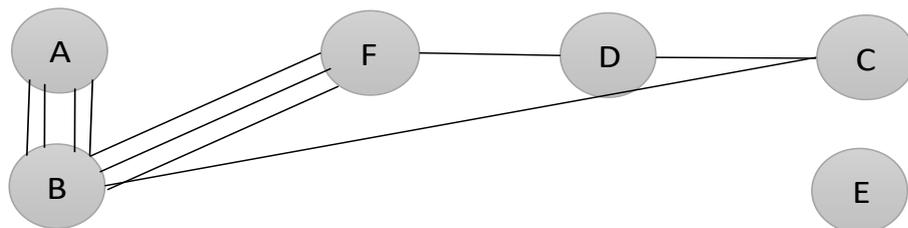
	Oficinas y bodega	Bahía de mantenimiento	Balaceo y rectificadora	Alineación	Banco de suspensión	Lavadas
Oficinas y bodega		2391	74	129	0	345
Bahía de mantenimiento			745	0	0	1646
Balaceo y rectificadora				745	0	0
Alineación					0	745
Banco de suspensión						0
Lavadas						

Nota: Se coloca los rangos paulatinamente comenzando desde la vocal u hasta la vocal a, los números no pueden repetirse.

Con los valores generados en la matriz de desde-hacia, procedemos a calcular el rango considerando el dato de mayor valor y también el de menor valor, dividiéndolo en cinco partes como se muestra en la Tabla 18. Una vez completado este cálculo matemático con los valores correspondientes, los ingresamos a nuestra nueva matriz de relaciones. Esta matriz nos permite identificar qué estaciones de trabajo tienen una relación más cercana entre sí, como se ilustra en la Tabla 19.

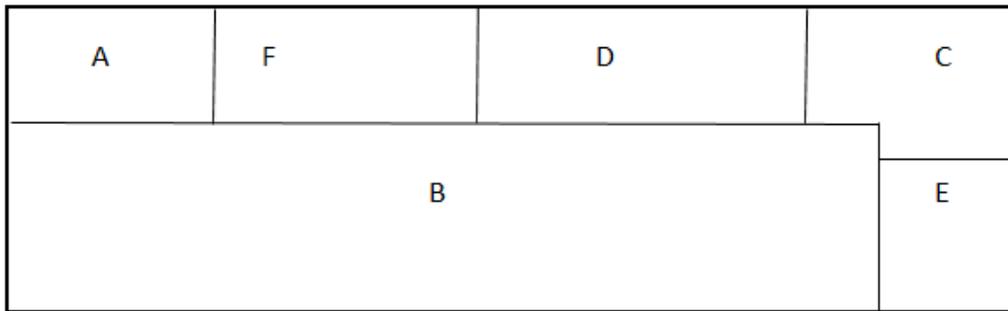
La propuesta se basa en establecer rangos para asegurar que las estaciones de trabajo necesarias estén adyacentes según el flujo más alto, con el objetivo de optimizar el proceso y reducir costos.

Figura 15  
Propuesta de layout



Nota: Se aprecia las áreas con mayor interacción y acorde a su ubicación.

Figura 16  
Propuesta layout mediante bandas



Nota: En la figura 16 se muestra el layout distribuido en dos bandas horizontales mediante el método block plan.

### **Aplicación y comprobación de Software Corelap**

Corelap es un software especializado diseñado para optimizar procesos en el ámbito industrial. Esta herramienta permite realizar análisis detallados y precisos de datos relacionados con la producción, la logística y la gestión de la cadena de suministro. A través de Corelap, los ingenieros industriales pueden identificar áreas de mejora, reducir costos operativos y aumentar la eficiencia en las operaciones industriales. Su capacidad para modelar y simular escenarios facilita la toma de decisiones estratégicas, mejorando así la competitividad y el rendimiento general de las organizaciones que lo utilizan.

Con la disposición del software se procesa a ingresar los datos obtenidos de la Tabla 20, teniendo en cuenta el número de estaciones de trabajo y el área de cada una de ellas.

Figura 17  
Definición de departamentos

CORELAP 01\_Plantamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2
1	Oficinas y bodega	45,5
2	Bahía de matnt	473,75
3	Balanceo y rectf.	34,54
4	Alineación	71,25
5	Banco de susp	20,60
6	Lavadas	52,82

Superficie Disponible :

Definición de los parámetros que determinan el peso de las relaciones.

A =	5	El chart de relaciones se rellena asignando una de estas 6 constantes a la relación entre cada 2 departamentos. El valor de cada constante puede ser modificado en esta tabla.
E =	4	
I =	3	
O =	2	
U =	1	
X =	0	

Nota: Se ingresan los nombres de las estaciones de trabajo y sus áreas correspondientes.

Procedemos dar clic en continuar y se nos genera una nueva página en la cual vamos a ingresar los valores mediante nuestra matriz de relación que se puede evidenciar en la Tabla 19.

Figura 18  
Matriz de relación

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

A=5, E=4, I=3, O=2, U=1, X=0

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	1	2	3	4	5	6
1	Oficinas y bodega	45,5		A	U	U	U	U
2	Bahía de matnt	473,75			O	U	U	E
3	Balanceo y rectf.	34,54				O	U	U
4	Alineación	71,25					U	O
5	Banco de susp	20,60						U
6	Lavadas	52,82						

Nota: Se evidencian las áreas con mayor interacción entre sí.

Una vez ingresados los datos correspondientes, el software genera una tabla basada en la matriz de relación donde ordena los departamentos por su importancia, como se muestra en la figura siguiente. Además, calcula el área total de las estaciones de trabajo y permite verificar si el área física del taller automotriz que tenemos coincide con la requerida.

Figura 19  
Orden de los departamentos

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA			
Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Bahía de matnt	13	473,75
2.-	Lavadas	9	52,82
3.-	Oficinas y bodega	9	45,5
4.-	Alineación	7	71,25
5.-	Balaceo y rectf.	7	34,54
6.-	Banco de susp	5	20,6

[Solución Gráfica](#)

Calcular Iteraciones

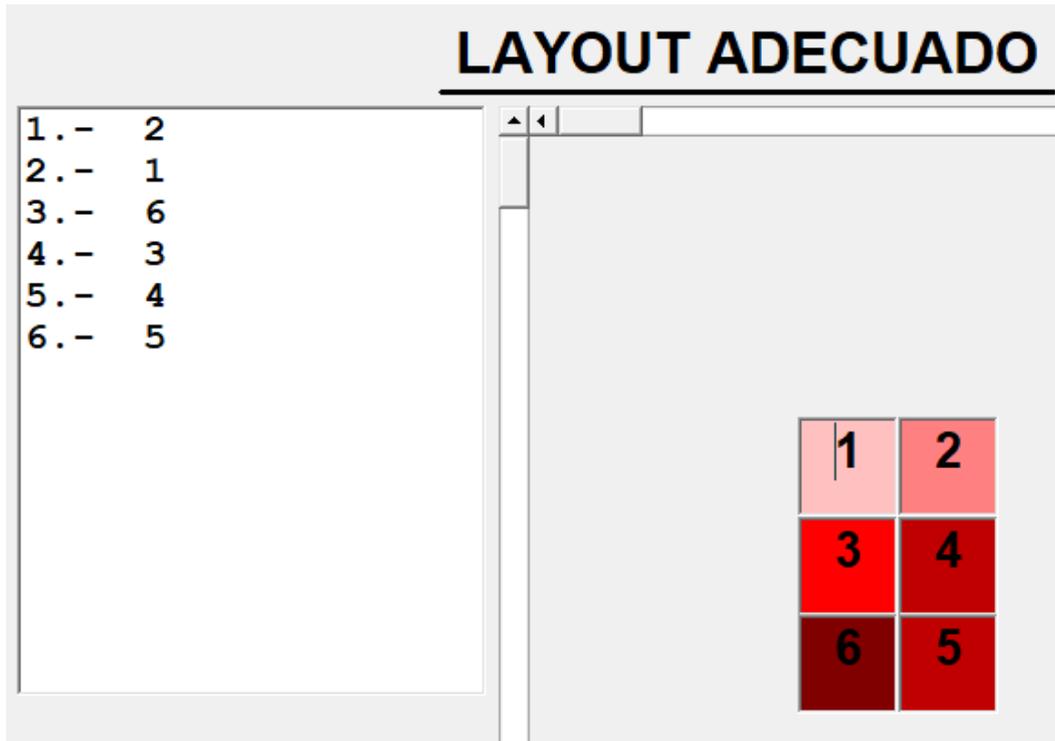
Superficie Requerida < Superficie Disponible

Superficie Requerida:

Superficie Disponible:

Nota: Se muestra en la tabla el valor de las áreas y su capacidad requerida versus su capacidad disponible.

Figura 20  
Propuesta de Layout

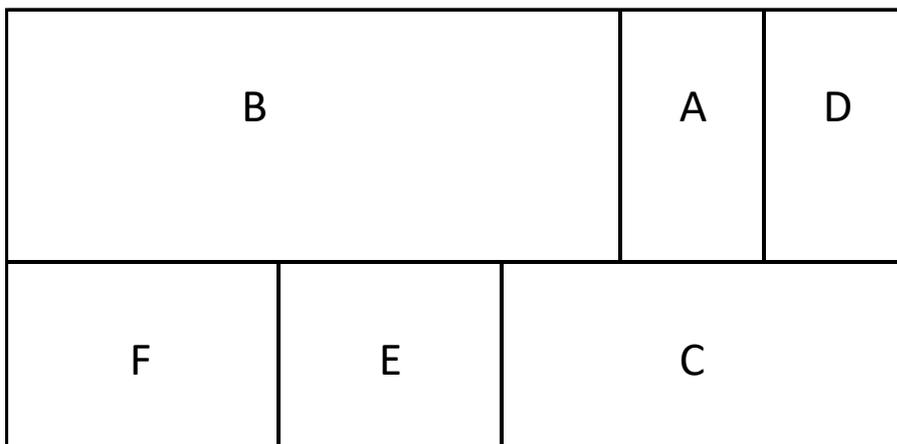


Nota: Nos grafica el layout acorde a los departamentos con mayor interacción.

El resultado del software nos indica la distribución de la siguiente manera siendo está en dos bandas con sus respectivas estaciones de trabajo:

- 1 = Lavadora
- 2 = Bahía de mantenimiento
- 3 = Banco de suspensión.
- 4 = Oficinas y bodega
- 5 = Alineación
- 6 = Balanceo y rectificadora

Figura 21  
Propuesta de layout



Nota: En la figura 21 se muestra el layout distribuido en dos bandas horizontales mediante el software Corelap.

**Resultados esperados:**

**Cálculo de la eficiencia**

(Plata, 2014) afirma que

- A. Cuando los datos de flujos se presentan cualitativamente, se asignan valores específicos a cada conexión entre departamentos según su relación. Por ejemplo: a = 20; e = 15; l = 10; o = 5; u = 0. A continuación, se elabora una tabla desde-hacia con los datos de flujos cuantitativos.
  
- B. Con la información cuantitativa de los flujos, se procede a evaluar la eficiencia de la distribución, asignando una calificación de 100 a cada relación entre departamentos. Si los departamentos son adyacentes (sin estar en las esquinas), se les asigna un valor de 1; de lo contrario, se les asigna un valor de 0. Posteriormente, se aplica la siguiente fórmula para calcular la eficiencia:

*Calificación de eficiencia (z)*

$$= \sum \frac{[(flujo) * (calificación 1 \text{ ó } 0)]}{Flujo \text{ total}} * 100 \%$$

No se debe contemplar las estaciones de trabajo adyacentes que tienen contacto por sus esquinas. (p. 156)

**Desarrollo**

**Cálculo de la eficiencia método block plan**

*Tabla 22  
Flujo de material*

	A	B	C	D	E	F	TOTAL
A		2391	74	129	0	345	2939
B			745	0	0	1646	2391
C				745	0	0	745
D					0	745	745
E						0	0

F							0
TOTAL	0	2391	819	874	0	2736	6820

Nota: En la tabla 22 se muestra el flujo de material con respecto a la necesidad del mantenimiento.

Tomando el primer diseño de la metodología block plan vamos a evaluar de una forma cuantitativa con valores de 1 ó 0 según como se muestra en la Tabla 23 para eso generamos otra matriz desde-hacia.

Tabla 23  
Cálculo de la eficiencia en base a la adyacencia bloc plan

	A	B	C	D	E	F	TOTAL
A		2391	0	0	0	345	2736
B			745	0	0	1646	2391
C				745	0	0	745
D					0	0	0
E						0	0
F							0
TOTAL							5872

Nota: Se multiplica los valores para obtener la eficiencia con respecto al método block plan.

$$Eficiencia = \frac{5872}{6820} * 100\%$$

$$Eficiencia = 86.1\%$$

### Cálculo de la eficiencia software corelap

Con el resultado generado por el software Corelap vamos a analizar qué porcentaje de efectividad tiene esa distribución, tomando como apoyo la matriz desde-hacia con el flujo de material que se puede evidenciar en la Tabla 22. Consecuentemente se genera nuestro cálculo de eficiencia con base a la adyacencia.

Tabla 24  
Cálculo de la eficiencia en base a la adyacencia del software corelap

	A	B	C	D	E	F	TOTAL
A		2391	745	129	0	0	3265
B			745	0	0	1646	2391
C				745	0	0	745
D					0	0	0
E						0	0
F							0
TOTAL							6401

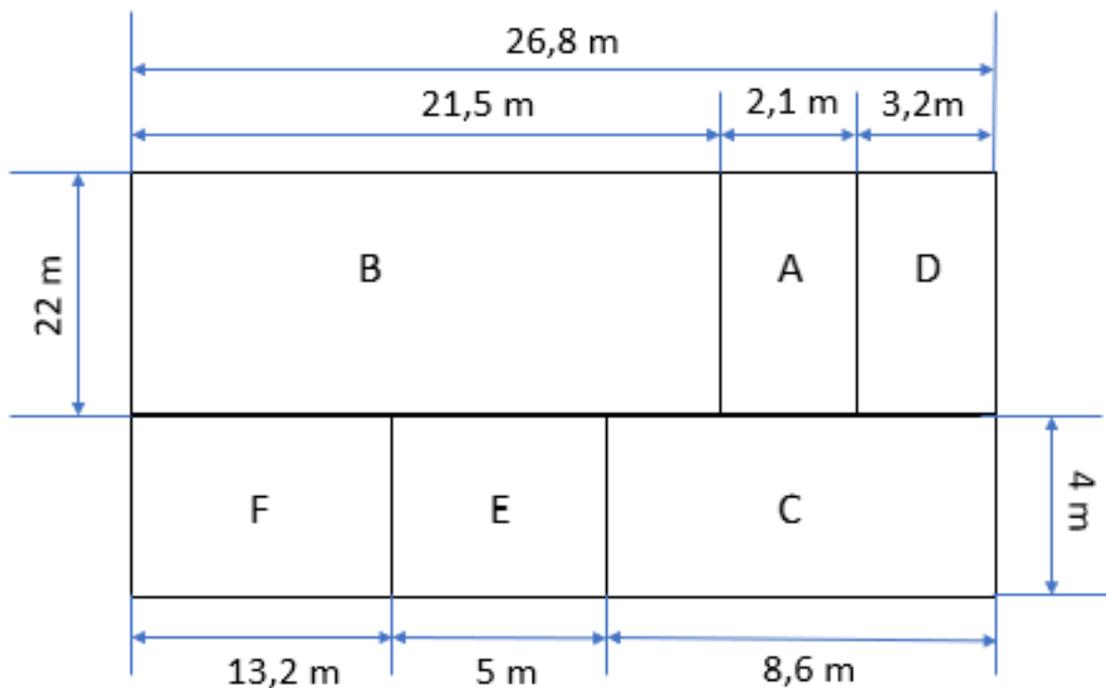
Nota: Se multiplica los valores para obtener la eficiencia con respecto al software corelap.

$$Eficiencia = \frac{6401}{6820} * 100\%$$

$$Eficiencia = 93,85\%$$

Basado en estos análisis de eficiencia, se puede determinar cuál es la opción más adecuada. El método Block Plan presenta una eficiencia del 86.1%, mientras que la propuesta del método Corelap alcanza una eficiencia del 93.85%. Por lo tanto, el método Corelap es la opción más eficiente para implementar en el taller automotriz.

Figura 22  
Layout con mayor eficiencia

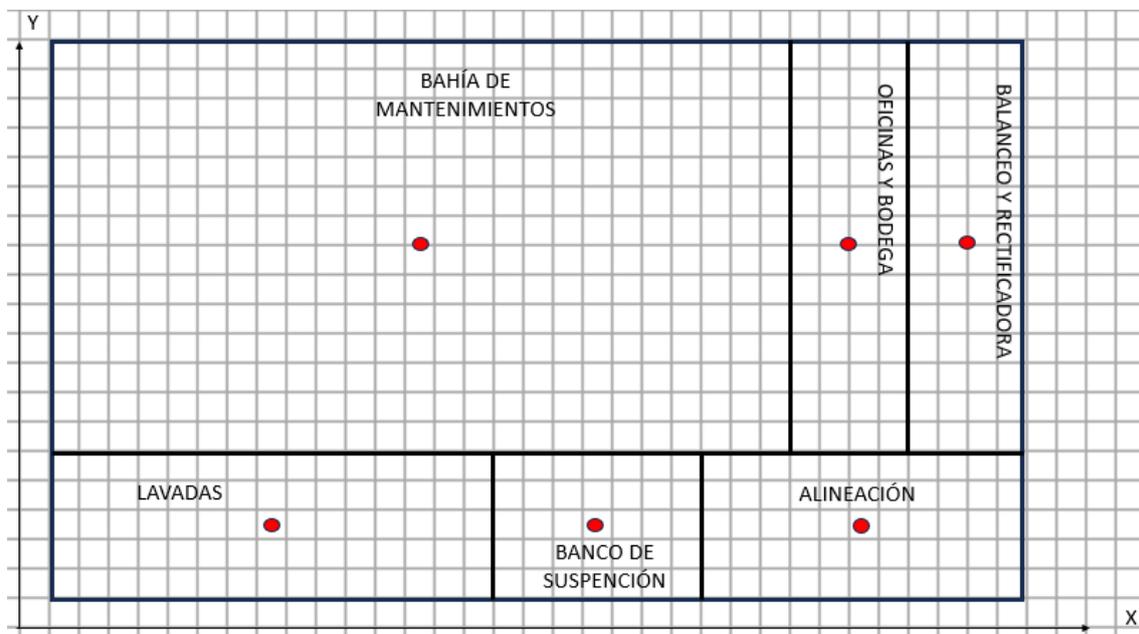


Nota: Las dimensiones de cada área de trabajo acorde al software corelap.

## Método Craf

Es uno de los primeros algoritmos para la distribución de plantas, utiliza datos de entrada sobre el flujo entre departamentos, los cuales no se limitan a formas rectangulares y se representan de manera discreta. Este método comienza con una distribución inicial y se mejora intercambiando departamentos para reducir los costos totales. Primero, determina los centros de los departamentos en la disposición inicial, luego calcula la distancia rectilínea entre los pares de centros de los departamentos, almacena estos valores en una matriz de distancias y finalmente calcula la nueva disposición de los departamentos.

Figura 23  
Centroides de las estaciones de trabajo



Nota: En la figura se puede identificar los centroides de cada estación de trabajo.

Como se muestra en la Figura 23, contamos con los centroides de cada estación de trabajo se procedió a generar las coordenadas correspondientes (X,Y) con el siguiente modelo matemático, como ejemplo se tomara el área de lavado.

- Lavadas: cuenta con un área de 52,82 m<sup>2</sup>, donde se realiza un desplazamiento por eje X hacía el centro con un valor de 6,6 m<sup>2</sup> y lo propio con el eje de las Y con un valor de 2 m<sup>2</sup>

Tabla 25  
Coordenadas X, Y

Centroides actuales			
Letra	Estaciones de trabajo	X	Y
A	Oficina y bodega	22,55	15
B	Bahía de mantenimiento	10,75	15
C	Alineación	25,21	15
D	Balanceo y rectificación	22,5	2
E	Banco de suspensión	15,7	2
F	Lavadas	6,6	2

Nota: En la tabla 25 se puede apreciar los valores en las coordenadas x, y.

Con los valores recabados anteriormente vamos a generar un cálculo de las distancias y expresarlo en una nueva matriz de distancia.

$$DAB = |XA - XB| + |YA - YB|$$

Con los valores obtenidos en la Tabla 25, se procede a utilizar el modelo matemático.

$$DAB = |22.55 - 10.75| + |15 - 15|$$

$$DAB = 11.8 + 0$$

$$DAB = 11.8m$$

Tabla 26  
Distancia rectilínea entre departamentos

Relación	Distancia Rectilínea (m)
A - B	11,8
A - D	13,05
B - F	17,15
B - E	8,05
C - B	14,46
E - F	9,1
C - E	22,51
C - A	2,66
C - D	15,71
A - E	19,85
A - F	28,95
B - D	1,25
C - F	31,61
D - E	6,8
D - F	15,9

Nota: Se muestra la distancia que hay entre los centroides de cada departamento.

Con estos datos se procede a ingresar los valores a una matriz desde hacia de distancia rectilíneas que contemplamos en la Tabla 26.

Tabla 27  
Matriz desde-hacia de distancias

	A	B	C	D	E	F
A		11,8	2,66	13,05	19,85	28,95
B			14,46	1,25	8,05	17,15
C				15,71	22,51	31,61
D					6,8	15,9
E						9,1
F						

Nota: En la tabla 27 se muestran los valores de los centroides desplegados en la matriz desde-hacia.

A modo de ejemplo, se tomará la producción de mantenimientos de un mes y se multiplicarán sus valores para obtener el costo total mensual de mantenimientos, como se evidencia en la Tabla 24.

Tabla 28  
Matriz de costos

	A	B	C	D	E	F
A		199	6	11	0	29
B			6	0	0	137
C				6	0	0
D					0	6
E						0
F						
Costo total	<b>5968,9</b>					

Nota: En la tabla 28 se evidencia los valores correspondientes a un mes, es decir se dividió los valores de la matriz desde-hacia de la tabla 24 para 12 y se obtuvo el costo mensual.

Se ha identificado que, con la nueva distribución de la planta, se alcanza un costo mensual de \$5968.9. Este ajuste no solo optimiza los gastos operativos, sino que también ofrece una visión más amplia del potencial de crecimiento y expansión del taller automotriz. La reducción de costos y la mejora en la eficiencia operativa permiten proyectar un futuro más competitivo y sostenible para el negocio, facilitando la toma de decisiones estratégicas orientadas a la expansión y mejora continua del taller.



Con respecto al cambio de aceite se ha generado una disminución del tiempo en realizar su proceso de un 6% y en la distancia hubo una reducción de un 30%.

Tabla 30  
Cursograma analítico del ABC del motor actual

Cursograma analítico										
Diagrama Num: 02		Hoja N° 1 de 1		Resumen						
Proceso: ABC de Motor		Actividad			Actual	Propuesta	Economía			
Lugar: Área de producción		Operación			○					
		Transporte			⇨					
Operario (s): Javier Oña		Espera			□					
		Inspección			□					
Compuesto por: César Sayay Aprobado por: Wilmer Suquillo		Almacenamiento			▽					
		Ficha núm: 01								
Operario (s): Javier Oña		Distancia (m)								
		Tiempo (min-hombre)								
Fecha:		Costo								
Fecha:		- Mano de obra								
		- Material								
		Total								
Descripción		Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones
					○	□	□	⇨	▽	
Recepción del vehículo		1	5				X			
Preparación del vehículo		1	3,3		X					
Ingreso al elevador		1	3	15				X		
Abrir el capot del vehículo		1	2		X					
Solicitar repuestos		1	5,21				X			
Verificar herramientas necesarias		1	4,05				X			
Cambio de filtro de aire		1	3,05		X					
Limpieza del cuerpo de aceleración		1	5,52		X					
Cambio de filtro de combustible		1	4,42		X					
Insertar Canister limpiador de inyectores		1	25,45		X					
Retiro e inspección		1	6,49		X					
Encender el vehículo		1	5		X					
Traslado del vehículo a el área de lavado		1	3	10				X		
Total		13	72,44	25						

Nota: Se identificar la mejora en el proceso con respecto al tiempo y distancia.

Con respecto al ABC de motor se ha generado una disminución del tiempo en realizar su proceso de un 3.5% y en la distancia hubo una reducción de un 50%.



## **Resultados obtenidos con la mejor propuesta**

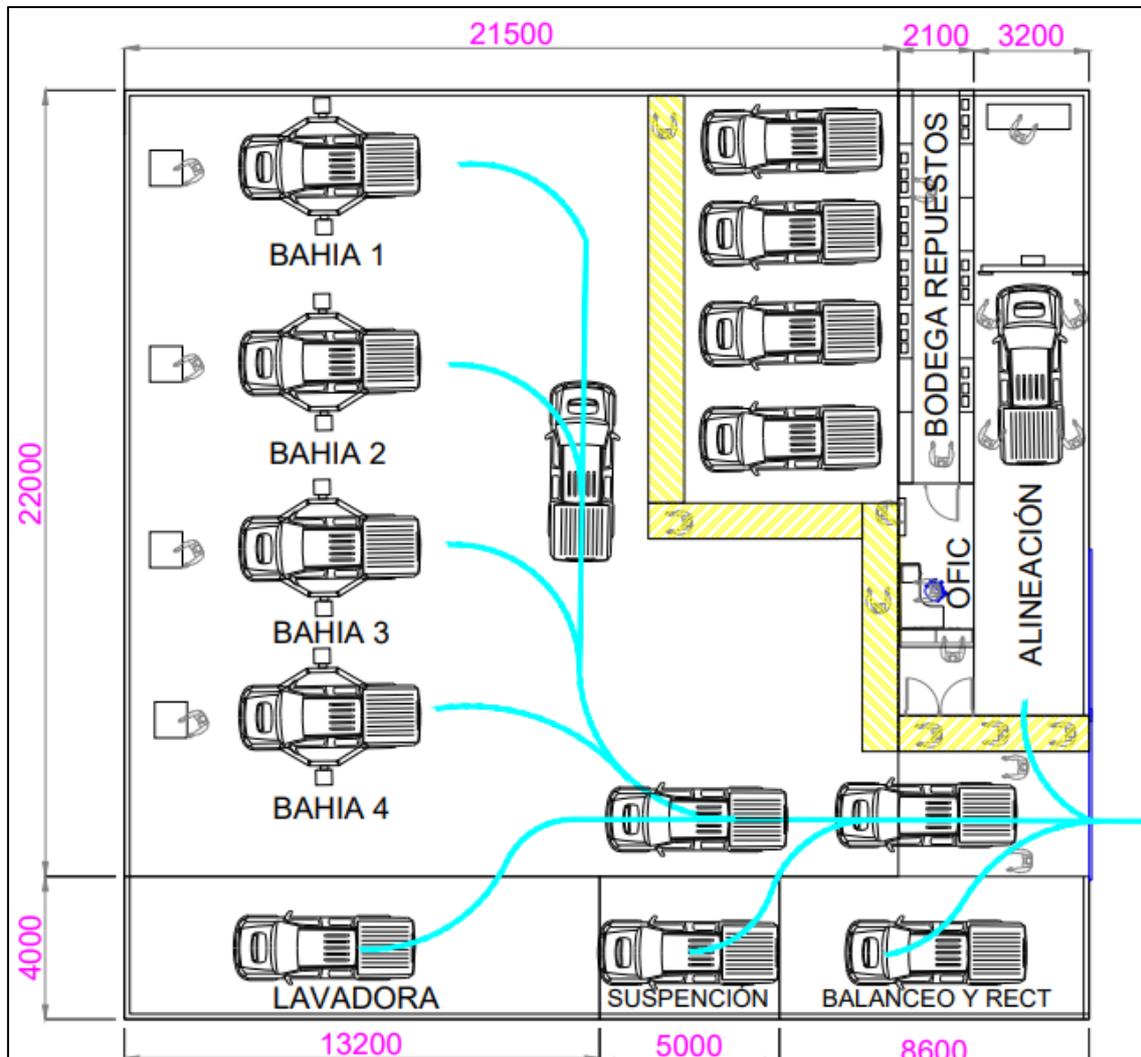
Se analizaron dos propuestas para la distribución de estaciones de trabajo. La primera, utilizando el método block plan, mostró un porcentaje de efectividad inferior en comparación con la segunda propuesta. Por ello, se optó por la propuesta generada mediante el software Corelap. Esta elección se fundamenta en la mayor eficiencia que Corelap proporciona en la distribución de las estaciones de trabajo, logrando acortar las distancias que se evidencian en los cursogramas analíticos y, consecuentemente, generar un ahorro significativo en los costos operativos.

La propuesta seleccionada con Corel no solo mejora la distribución espacial de las estaciones, sino que también optimiza el flujo de trabajo. Al reducir las distancias entre estaciones, se disminuye el tiempo de desplazamiento del personal y los materiales, lo cual incrementa la productividad y eficiencia general del proceso. Adicionalmente, el análisis de los cursogramas analíticos confirma que esta distribución reduce las ineficiencias y los tiempos muertos en el proceso productivo.

En términos de costos, la propuesta generada con Corelap implica un menor gasto en comparación con el método block plan. La reducción en los tiempos de desplazamiento y la optimización del espacio se traducen en menores costos operativos y en un uso más eficiente de los recursos disponibles.

## Layout propuesto

Figura 24  
.Layout propuesta de implementación



Nota: Este diseño de layout propone una nueva redistribución de la planta, incluyendo las distintas áreas y su flujo.



## Análisis de costos

Para el siguiente análisis de costo tomaremos en cuenta las actividades necesarias que se visualizan en la Tabla 32, siendo estas las siguientes:

- Socialización de propuesta a los operadores
- Trabajo de obra civil
- Ejecución de la redistribución

## Costos de la propuesta de redistribución de planta

Tabla 33  
Análisis de costos mensuales de mano de obra

**TABLA DE COSTOS MENSUALIZADO DE MANO DE OBRA VIGENTE AL 2024**

RUBRO\EMPLEADO	Gerente	Operario	Supervisor	Ingeniero industrial	TOTAL
Salario Mínimo Vital (2024)	460	460	460	460	1840
Sueldo nominal	1675	460	600	1200	3935
IESS Patronal (11,35%)	190,11	52,21	68,1	136,2	446,62
Décimo tercer sueldo (13)	139,58	38,33	50	100	327,91
Décimo cuarto sueldo (14)	38,33	38,33	38,33	38,33	153,32
Fondos de reserva	139,58	38,33	50	100	327,91
Vacaciones	69,79	19,17	25	50	163,96
Desahucio		9,58	12,5	25	47,08
Transporte (opcional)					0
Otros (vestimenta, alimentación, ....)					0
<b>Total Mensual</b>	2252,4	656	843,9	1649,5	5401,8
<b>Incremento</b>	34,47%	42,60%	40,66%	37,46%	1,5519
<b>Personal</b>	1	4	1	1	7
<b>Total</b>	2252,4	656	4219,7	1649,5	8777,6
<b>Horas mes</b>	160	160	160	160	160
<b>Costo Minuto</b>	0,23	0,07	0,09	0,17	0,56
<b>Costo Hora</b>	14,08	4,10	5,27	10,31	33,76
<b>Costo hora extra 50%</b>	14,08	4,1	5,274375	10,31	33,76125
<b>Costo hora extra 100%</b>	18,77	5,47	7,03	13,75	45,02
<b>Horas</b>	48,00	240,00	240,00	240,00	768,00
<b>Total</b>	675,84	3936,00	1265,85	2474,40	<b>8352,09</b>

Nota: En la tabla de costos mensuales de identifica las personas involucradas en la en dicha propuesta.

Con respecto a los costos de los materiales de la obra civil los trabajos que se van a realizar son los siguientes:

- Pavimentación de piso
- Generación de bases de los elevadores
- Galpón industrial

A continuación, en la Tabla 34, se obtiene el valor neto de la obra civil contemplando mano de obra y materiales.

*Tabla 34*  
*Costo de la obra civil*

<b>Descripción</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Materiales de construcción	30438,15
Mano de obra operarios	3936,00
Mano de obra supervisor	1265,85
<b>TOTAL</b>	<b>35640</b>

Nota: Se evidencia la sumatoria total con respecto a la obra civil.

El costo total de la propuesta de redistribución de planta se describe en la Tabla 35, con lo que se observa el valor total de la redistribución del taller automotriz.

*Tabla 35*  
*Costo total de la redistribución*

<b>Descripción</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Obra civil	35640
Socialización de propuesta a los operadores	3150,24
Ejecución de la redistribución	
	<b>38790,24</b>

Nota: Se evidencia la sumatoria total que costara el proyecto al implementarlo.

## CAPÍTULO IV

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones:

- Se identifica en el taller automotriz mediante el método de Guerchet, que en la misma que el área actual de 402 m<sup>2</sup> es insuficiente para albergar la capacidad de máquinas-herramientas del taller automotriz. Se determina una necesidad de expansión a 652,97 m<sup>2</sup>, como se muestra en la Tabla 4, evidenciando que el espacio disponible no es adecuado para cumplir con los mantenimientos requeridos. Los cursogramas analíticos de los tres tipos de mantenimiento más frecuentes ayudaron a identificar y analizar los tiempos y las distancias actuales, proporcionando una visión detallada de los procesos operativos. Además, el cálculo de la demanda, utilizando la regresión lineal, mostró un crecimiento considerable para el año 2024, estimado en 3,226 mantenimientos, como se visualiza en la Tabla 6. Esto justifica la expansión del taller para satisfacer la demanda proyectada y optimizar los procesos de producción.
- Mediante el uso del método Block Plan se generó una distribución inicial de la planta, dividiendo el espacio en dos bandas, lo cual resultó en una eficiencia del 86.1%. Posteriormente, se utilizó el software CORELAP para evaluar diferentes escenarios de distribución de planta. La distribución evaluada con CORELAP mostró una eficiencia superior del 93.85%. Esta última distribución fue identificada como la opción más adecuada para el taller automotriz, ya que optimiza significativamente la disposición del espacio y mejora la operatividad del taller. Estos resultados permiten concluir que la implementación de la distribución generada por CORELAP contribuirá a una utilización más eficiente del espacio y a una mayor capacidad de respuesta a las necesidades operativas del taller.
- El rediseño de la distribución del layout mediante la metodología SLP (Systematic Layout Planning) permite optimizar los espacios del taller y garantizar el cumplimiento de la demanda proyectada, tal como se muestra en la Tabla 7. La implementación de esta metodología ha resultado en una

disposición más eficiente de las áreas de trabajo, mejorando significativamente el flujo de materiales y reduciendo los tiempos de desplazamiento. Como consecuencia, se ha incrementado la capacidad operativa del taller, asegurando que pueda satisfacer las necesidades de mantenimiento previstas para los próximos años. Este rediseño no solo contribuye al crecimiento y sostenibilidad de la empresa, sino que también optimiza la utilización del espacio disponible, mejorando la eficiencia y productividad del taller automotriz.

## Recomendaciones:

- Para abordar la insuficiencia de espacio identificado mediante el método Guerchet, se recomienda realizar una expansión del área del taller a los 652.97 m<sup>2</sup> necesarios. Además, es esencial reconfigurar la disposición actual para optimizar los tiempos y las distancias identificadas en los cursogramas analíticos. Esta expansión debería planificarse para acomodar el crecimiento proyectado en la demanda de mantenimientos, asegurando que la capacidad y los recursos del taller puedan satisfacer las necesidades futuras sin comprometer la calidad del servicio.
- Dado que la evaluación realizada con el software CORELAP mostró una eficiencia superior del 93.85%, se recomienda implementar la distribución de planta identificada como la más eficiente. Además, se sugiere realizar un seguimiento continuo de la operatividad y la utilización del espacio para identificar posibles mejoras adicionales. La implementación de esta distribución debe ir acompañada de una capacitación adecuada del personal para garantizar una transición fluida y maximizar los beneficios operativos.
- Para asegurar la efectividad del rediseño referente al layout mediante la metodología SLP, se recomienda implementar el nuevo diseño de manera gradual, supervisando y ajustando los procesos según sea necesario para optimizar los espacios y el flujo de trabajo. Es vital realizar evaluaciones periódicas de la disposición para adaptarse a cualquier cambio en la demanda proyectada y garantizar que el taller continúe satisfaciendo las necesidades de mantenimiento previstas. Adicionalmente, se debería considerar la inversión en tecnologías de gestión de espacio y flujo de materiales para mantener la eficiencia alcanzada.

## Bibliografía

- AEADE. (2023). *Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador*. Obtenido de <https://www.aeade.net/boletin-sector-automotor-en-cifras/>
- Cuatrecasas, L. (2012). En *Organización de la producción y dirección de operaciones*.
- Estrategias de Inversión. (2022). *Estrategias de Inversión*. Obtenido de <https://www.estrategiasdeinversion.com/herramientas/diccionario/fondos/r2-r-cuadrado-o-coeficiente-de-determinacion-t-1163#:~:text=Interpretaci%C3%B3n%20del%20coeficiente%20de%20determinaci%C3%B3n%20o%20R2,-El%20coeficiente%20de&text=Un%20valor%20de%201%2>
- Ministerio de ambiente. (2019). *Ministerio de ambiente*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/biblioteca/>
- Multi Washer. (4 de 11 de 2021). Obtenido de <https://blog.somengil.com/es/la-importancia-de-la-distribucion-en-planta-o-layout/>
- Plata, J. (2014). *Planeación, diseño y layout de instalaciones*. Mexico.

## ANEXOS

### Aprobación de abstract

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

**FACULTY OF ENGINEERING, INDUSTRY AND PRODUCTION**

**Industrial Engineering**

**AUTHOR:** SAYAY GUAYASAMIN CESAR AUGUSTO

**TUTOR:** MSc. TOPON VISARREA BLANCA LILIANA

#### ABSTRACT

REDESIGN OF THE PLANT LAYOUT OF AN AUTOMOBILE REPAIR SHOP.

This research is carried out in an automobile repair shop located in Sangolquí, Ecuador, which faces operational problems due to an inadequate distribution of the plant, a shortage of spaces between the areas occupied by the work stations, causing delays in the delivery of vehicles. Based on the above, it is necessary to redesign the layout of the automobile repair shop using heuristic techniques to optimize space and compliance with the demand. For this purpose, the following methods are used: Guerchet, which allows evaluating the real area needed taking into account the installed equipment; Block Plan, which identifies areas with greater interaction; and finally, CORELAP Software is used to achieve an optimal location of the work stations in the plant. By applying the first methodology the result obtained is the true magnitude that the plant area should have, by applying the second methodology the correct redistribution of the work stations in the area was obtained, with the use of the third method an optimization of the spaces is achieved with respect to the previous methodology selected previously. The main conclusions of this work show the need to increase the plant area from 402m<sup>2</sup> to 699m<sup>2</sup>. The areas of greatest interaction correspond to: Maintenance Bays, Office - Warehouse and Washing Machine. This proposal for plant redistribution guarantees an efficiency of 93.85%, reducing the total time of the three most frequent services by 13.19% and freeing up 77 m<sup>2</sup> generated by the movement of the operator, improving the flow of materials and an increase in operational capacity, ensuring compliance with future demand.

**KEYWORDS:** automobile repair shop, heuristics, plant redesign.]

