

SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS

SIMULATION AND ANALYSIS OF PHYSICAL DISTRIBUTION OF A SERVICE COMPANY

Claudia Noemí Zárate^{1,*}, Luciana Belén Tabone¹, Mariana Ballestrin¹

RESUMEN

El diseño de las instalaciones de una empresa se refiere a la organización de las instalaciones físicas de la compañía con el fin de promover el uso eficiente de los recursos aplicados a la producción. De esta forma se logra minimizar costos, optimizar la calidad de la producción y la seguridad de los trabajadores. El objetivo del presente trabajo fue el de analizar la distribución de las instalaciones de una empresa de servicios a efectos de proponer una mejora relacionada con el mejor uso de los recursos. Dichas mejoras están relacionadas con la minimización de la distancia recorrida, los retrocesos y el tráfico cruzado. También se consideró la presencia del cliente en el proceso y su efecto en la importancia de la cercanía entre los departamentos. Se aplicó el modelo PSL (Planificación Sistemática de Layout), que implica un relevamiento exhaustivo de los distintos productos, procesos y de los recursos utilizados y se adaptó dicho modelo para aplicarlo a una empresa de servicios. Como resultado se planteó una nueva distribución. Se utilizó el software Promodel® para simular los procesos en la distribución actual y en la propuesta. Los parámetros resultantes de la simulación con la distribución propuesta, indicaron mejora de las distancias recorridas y el tráfico cruzado y, adicionalmente un aumento del nivel de servicio al cliente.

Palabras claves: PSL, Promodel®, proceso, servicio

ABSTRACT

The design of the installations of a company refers to the organization of its physical facilities in order to promote the efficient use of resources applied to production. Thus it is achieved to minimize costs, optimize production quality and worker safety. The aim of this study was to analyze the distribution facilities of a service company for the purpose of proposing an improvement regarding the best use of resources. These improvements are related to the minimization of distance, kicks and cross traffic. It was also considered the presence of the customer in the process and its effect on the importance of proximity between departments. The SPL model (Systematic Layout Planning) involves a comprehensive survey of the various products, processes and resources and the model was adapted to a service company applies. As a result a new distribution was raised. The Promodel® software was used to simulate the processes in the current distribution and the proposal. The parameters resulting from the simulation with the proposed distribution indicated improvement over the distances and cross traffic and additionally an increased level of customer service.

Keywords: Processes, services, plant layout, Promodel®.

¹Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina.

*Autor para correspondencia: cnzarate@fi.mdp.edu.ar

INTRODUCCIÓN

El diseño de instalaciones industriales y manejo de materiales afecta a la productividad y a la rentabilidad de una compañía, tanto como cualquier otra decisión corporativa importante. La calidad, el costo del producto/servicio y el nivel de servicio, se ven afectados directamente por el diseño de la instalación. El diseño de las instalaciones es una de las principales decisiones estratégicas que deben tomarse y condiciona el posicionamiento de la empresa en el mercado (Meyers *et al.*, 2006) (Meyers, y otros, 2006). Contribuye a determinar los costos y los tiempos de suministro de un producto.

El diseño de las instalaciones industriales está relacionado con la organización de las instalaciones físicas de la compañía con el fin de promover el uso eficiente de sus recursos, tales como personal, equipo, materiales y energía (Meyers, y otros, 2006). Cuando se refiere al diseño de las instalaciones industriales, se incluye la ubicación de la planta y el diseño del inmueble, la distribución de la planta y el manejo de materiales. La ubicación de la planta o las decisiones de la estrategia de localización se toman en el nivel corporativo más alto, con frecuencia por razones que tienen poco que ver con la eficiencia o eficacia de la operación, pero en las que hasta cierto grado influyen factores como la proximidad a las fuentes de materia prima, mercados, sistemas de transporte y tipo de personal. El diseño del inmueble tiene que ver con la arquitectura y técnicas de construcción del edificio. La distribución de la planta y el manejo de los materiales es el arreglo físico de máquinas y selección de equipos, diseño de estaciones de trabajo, de oficinas de personal y ubicación de materiales de todo tipo y es un problema íntimamente relacionado con la tarea del ingeniero industrial.

Existen muchas metodologías para diseñar y analizar la distribución física de una fábrica. La mayor parte de ellas se basan en procedimientos matemáticos o en software creados bajo estos modelos matemáticos. El modelo PSL (Planificación Sistemática de Layout), fue una de las primeras técnicas utilizadas para analizar o diseñar la distribución física de una fábrica. Fue creada por R. Muther en 1978. La aplicación de esta metodología permite analizar de forma sistemática y sencilla la ubicación de los departamentos dentro de una fábrica con el fin de buscar alternativas al diseñar o reorganizar una empresa, que minimice la distancia recorrida por el producto. Esto genera mayor orden en las actividades productivas de la empresa que pueden llevar a mejorar tiempos de entrega y productividad (SPL: UNA FORMA SENCILLA DE ANALIZAR LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE SU FÁBRICA, 2008).

La metodología PSL auxilia al gerente de las operaciones, en la decisión eficaz y eficiente del layout que puede resultar en una disminución de costos, reducción de movimiento de materiales, mejoramiento del flujo de trabajo de los materiales y de las personas, mejoras a la seguridad e higiene laboral, mejoras en la utilización del espacio disponible, entre otras. (Muther, 1981).

El procedimiento del diseño de instalaciones industriales propuesto por Meyers & Stephens (2006) es el resultado de la evolución del modelo PSL, e incluye además de los objetivos planteados por Muther (1981), otras metas que se deben seguir a efectos de garantizar un diseño exitoso de las instalaciones. Entre las más destacadas se pueden señalar la optimización de la calidad, controlar los costos del proyecto, darle flexibilidad al plan, incluir los conceptos derivados de la manufactura esbelta, entre otros. De la misma forma, implica la realización de un número importante de tareas a realizar que exigen de un análisis exhaustivo y profundo de todos los procesos involucrados en la fabricación de los productos, como así también de los recursos y puestos de trabajo incluidos en los mismos.

De acuerdo con Sulé (2001), una distribución eficiente también puede contribuir a la reducción en los ciclos de producción, tiempos muertos, trabajo en proceso, número de cuellos de botella o tiempos de manejo de material y al incremento de la producción.

Existen numerosos trabajos realizados aplicando esta metodología con resultados altamente positivos. Entre ellos se puede mencionar a Batista-Martins & Tavares de Freitas (2011) que

mencionan la importancia de tener presente claramente el objetivo que se persigue con el planteo de la nueva distribución. Emplean la metodología de PSL para mejorar la distribución de las instalaciones de una empresa productora de neumáticos recapados. Como resultado surgen dos distribuciones superadoras y seleccionan una distribución en U. Esta distribución, además de aumentar la productividad y la flexibilidad de los procesos, propició la buena comunicación entre los trabajadores facilitando el trabajo conjunto.

El problema de la distribución en planta es un problema abierto, que admite múltiples soluciones. La selección de la mejor solución dependerá de los objetivos que se plantean desde la dirección de la organización y deberá ser consistente con las prioridades competitivas de la misma. El modelo PSL es una metodología que resulta en distintas alternativas y cada una de ellas puede ser mejor en un caso que en otro. Tomando este enunciado será necesario seleccionar la mejor solución, siguiendo criterios claramente especificados. De todas formas, varios autores proponen la utilización de herramientas adicionales para que, partiendo de la base de la utilización del PSL, se arribe a la mejor solución. En este sentido, Cambrón & Evans (1991) obtienen dos distribuciones al aplicar el modelo PSL y aplican el Proceso Analítico de Jerarquías (PAJ) para seleccionar la distribución más adecuada. Por otra parte, Yang & Kuo (2003), también proponen al PAJ e incorporan en forma simultánea al Análisis de Envolverte de Datos (DEA) como herramientas que acercan a la mejor solución.

Mejia *et al.* (2011) aplican la metodología al sector almacenamiento de un centro de distribución, y la complementan con la aplicación de una heurística CORELAP arribando a una solución altamente satisfactoria.

Con rapidez, la simulación está adquiriendo importancia en el segmento de la manufactura y de los servicios. Aunque no es una herramienta nueva, el poder de la nueva generación de softwares ha incrementado dramáticamente su aplicación en el campo del diseño de las instalaciones (Meyers, y otros, 2006). El modelado con simulación es dinámico y al ser un proceso estocástico se puede estudiar la ocurrencia de los acontecimientos en forma aleatoria. La simulación por computadoras permite comparar alternativas diferentes y estudiar escenarios diversos con objeto de seleccionar la opción más apropiada.

Martínez- Martínez *et al.*, (2012) aplican la metodología PSL y simulan la distribución en una planta elaboradora de productos realizados con jugo extraído de la caña de azúcar. El análisis de la distribución con el modelo PSL permitió proponer mejoras que implicaban la apertura de otra línea de producción y dicha propuesta se validó por simulación. La nueva distribución generó un aumento mayor al 100% de la producción original con el agregado de una hora más de trabajo por día.

Tearwattanarattikal *et al.*, (2008), utilizan el software Promodel® para la toma de decisión del diseño de la distribución en una planta manufacturera de envases de plástico que además de requerir de un nuevo diseño, desea que la misma permita manejar de la mejor forma futuras ampliaciones. La simulación le permitió identificar los cuellos de botella y el tamaño de los inventarios en proceso, y estos criterios fueron los empleados para la selección de la mejor alternativa.

Presentación de la situación inicial

La empresa que se analiza, en adelante ADASA, pertenece a una multinacional que denominaremos SAR. Ambos nombres son ficticios y se recurre a este artificio a los únicos efectos de la confidencialidad de los datos.

SAR es una de las empresas líderes a nivel mundial en la fabricación de camiones pesados, ómnibus y motores industriales y marinos.

ADASA es una concesionaria de SAR. Se encuentra ubicada en la localidad de Mar del Plata en un punto estratégico ya que está situada en una zona industrial, sobre la ruta 88. En

ADASA se realizan actividades de ventas y entregas de vehículos, servicio de posventa tanto de reparación de unidades como venta de repuestos, tramitación de garantías y venta de neumáticos. En la Figura 1 se presenta el organigrama en el que se aprecia su organización funcional. Se observa la existencia de 5 departamentos, los cuales son responsables de los distintos productos que ofrece la compañía.



Figura 1. Organigrama ADASA

La estructura edilicia consta de un terreno de 5500 m², 2200 m² cubiertos en la planta baja y 400 m² en la planta alta. En la Figura 2 se presenta el plano de la planta con la distribución actual de las instalaciones.

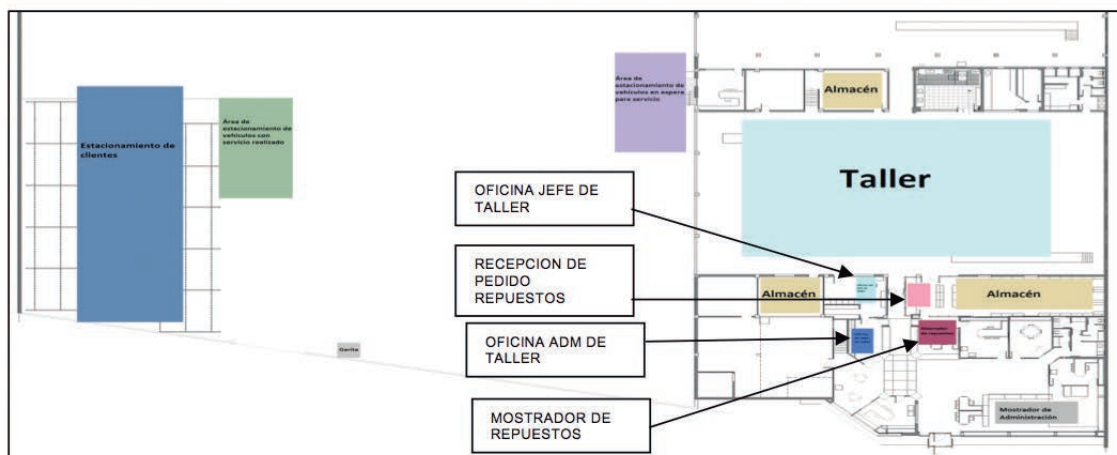


Figura 2. Plano ADASA

Se observan en dicha planta algunos indicios de que existen problemas referidos al aprovechamiento de los recursos de producción. Estos se pueden resumir en:

- Mercadería fuera de las estanterías y fuera del depósito que genera demoras en las recepciones y entregas, dificultad para controlar stock, probabilidad de accidentes, dificultad para mantener orden y limpieza, etc.
- Áreas ubicadas en lugares estratégicos, desaprovechadas, tal el caso del área lindante a la playa de maniobras que se utiliza como eventual depósito, y en ciertos casos para recreación de los operarios
- Flujo cruzado de personas provocado por una distribución de los departamentos que se asume podría mejorarse.
- La existencia de tres almacenes con localizaciones distintas que genera una mayor dificultad para su administración y control.

Considerando la situación actual de la organización, se propone la siguiente hipótesis de trabajo:

“La utilización de los recursos productivos en la empresa podría mejorarse si se realizan acciones en tal sentido, derivadas de un estudio de distribución en planta”.

Considerando lo mencionado, se plantean los siguientes objetivos:

1. Analizar la distribución actual de las instalaciones de ADASA;
2. Proponer modificaciones que impliquen mejoras y aumentar así la eficiencia del uso de los recursos de la empresa;
3. Demostrar, a través del uso de la simulación, que las modificaciones propuestas generan efectivamente una mejora en los procesos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron visitas a la empresa para un reconocimiento general y también entrevistas con las personas involucradas. Se utilizó la metodología propuesta por Meyers & Stephens (2006) para el diseño de un retroajuste. En este trabajo, dicho modelo se ha adaptado siguiendo los siguientes pasos:

1. Determinación de los productos (servicios) que se ofrecen;
2. Relevamiento de los procesos necesarios para la producción de dichos productos;
3. Definición del volumen de producción proyectado;
4. Cálculo de los recursos necesarios;
5. Análisis de los patrones de flujo;
6. Simulación de distribución actual;
7. Propuesta de mejora;
8. Verificación de la propuesta a través de la simulación.

Para el análisis de los patrones de flujo se utiliza el Diagrama de Relación de Actividades.

Para la verificación de la distribución se utilizó el software de simulación Promodel®.

Para construir el modelo se deben definir los siguientes componentes:

- Las entidades, que son las piezas o personas que son procesadas.
- Los arribos, que determinan la frecuencia de llegada de las entidades al sistema.
- Las localizaciones, que representan lugares físicos donde las entidades son procesadas o esperan su turno para ser procesadas.
- Los procesos, que permiten definir la lógica de simulación, es decir, las operaciones que se realizan sobre la entidad y que toman lugar en una localización.
- Los recursos, que son mecanismos que requieren las entidades para completar una operación y pueden ser estáticos o dinámicos. Los estáticos llevan a cabo una tarea dentro de una localización y no poseen ruta de movimiento. Los dinámicos permiten transportar entidades entre localizaciones y se mueven a través de una red de rutas.
- Las rutas de movimiento, que son las rutas de transporte por las que se mueven los recursos dinámicos.

RESULTADOS

Determinación de los productos (servicios) que se ofrecen

La Tabla 1 presenta, en función del departamento que los administra, los distintos productos ofrecidos por la empresa con su correspondiente código y una breve descripción de los mismos. Cabe mencionar, que los productos del departamento de Servicios -P1, P2 y P3-, son

los más importantes considerando la demanda y los recursos que requieren para producirse.

Tabla 1. Productos ofrecidos por SAR

DEPARTAMENTO	CÓDIGO DE PRODUCTO	DESCRIPCIÓN
Ventas de camiones y buses	V1	Venta de camiones y buses
	VN1	Venta de neumáticos sin instalación
	VN2	Venta de neumáticos con instalación
	VN3	Mantenimiento de neumáticos
Venta de motores industriales y marinos	VM1	Venta de motores industriales y marinos
Servicios	P1	Recepción de pedidos de repuestos
	P2	Reparación y mantenimiento de camiones buses y motores
	P3	Venta de repuestos por mostrador

Relevamiento de los procesos

El relevamiento de los procesos se realizó a través de diagramas de flujo sectorizados. Se presentan en las Figuras 3 a 5 los diagramas de flujo de los tres procesos que dependen del departamento de Servicios.

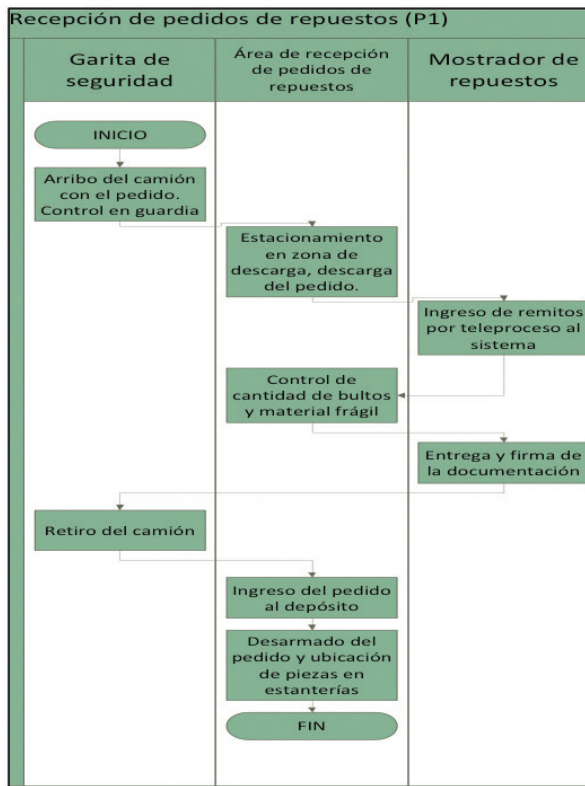


Figura 3. Proceso de recepción de pedidos de repuestos (P1)

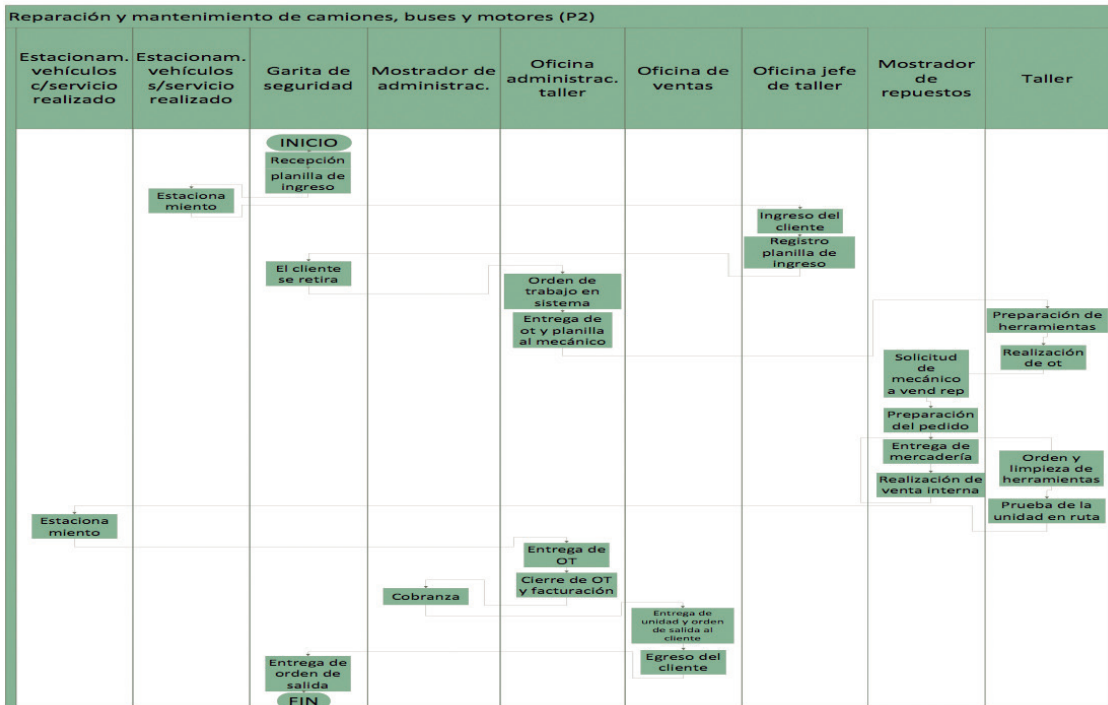


Figura 4. Proceso de reparación y mantenimiento de cualquier unidad (P2)

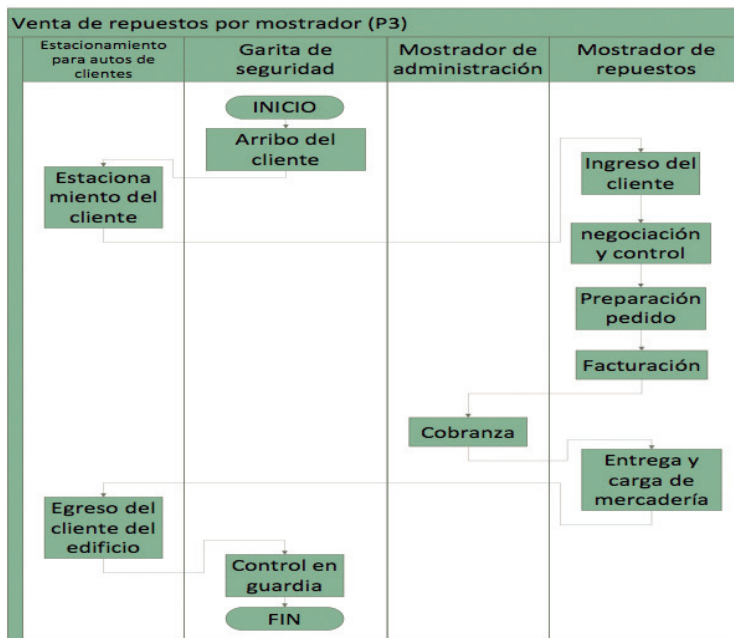


Figura 5. Proceso de venta de repuestos por mostrador (P3)

Definición del volumen de producción proyectado

En la Tabla 2 se presentan los indicadores representativos del volumen de trabajo de cada proceso, necesarios en función de la previsión de la demanda de los productos realizada por la empresa.

Tabla 2. Volumen de producción proyectado

PROCESO	OBJETIVO ANUAL
V1	120 unidades
	112 operaciones de venta
VN1	420 operaciones
VN2	120 operaciones
VN3	600 operaciones
	1500 horas
VM	12 operaciones
P1	252 pedidos
P2	1348 operaciones
P3	3820 operaciones

Cálculo de los recursos necesarios

A partir del tiempo total de cada tarea incluyendo los traslados y la cantidad de veces que es necesario realizarla por día, se trazaron las hojas de ruta de cada uno de los procesos. Los tiempos requeridos de cada una de las tareas fueron obtenidos a través de un estudio de tiempos realizados por la empresa. En la Tabla 3 se presenta la hoja de cálculo de requerimientos, que proviene del resumen de las hojas de ruta.

Tabla 3. Recursos necesarios por día para cumplir con los objetivos

Departamento	Recurso	Total
Administración	Administrativo	8
General	Guardia	1
Servicios	Administrativo de taller	1
	Jefe de taller	1
	Mecánico de taller	7
	Vendedor de repuestos	4
	Jefe de repuestos	1
	Gerente de servicios	1
Venta de motores industriales y marinos	Vendedor de motores y gerente de motores	1
Venta de neumáticos	Administrativo del departamento neumáticos, vendedor de neumáticos y jefe de departamento de neumáticos	1
	Mecánico del dto. de neumáticos	2
Ventas	Administrativo de venta de unidades y motores industriales y marinos	1
	Gerente de ventas	1
	Vendedor de unidades	2

Análisis de los patrones de flujo

A partir de los diagramas de flujo, fue posible analizar el flujo de personas (recursos) en cada proceso y en cada departamento. Además, se pudo observar el tránsito entre las distintas dependencias y su recurrencia. Por otro lado, también se consideró la presencia del cliente y factores que podían afectar la seguridad del trabajador.

Considerando la frecuencia de desplazamiento entre dependencias a partir del volumen de ventas proyectado, se utilizó la cercanía entre los puestos de trabajo de las personas como la unidad de medida a minimizar.

Dicha minimización se realizó en función de la cantidad de veces que se efectúa cada desplazamiento por día, el peso de los materiales que se transportan y las características del equipamiento de movimiento de materiales. Ambos factores se codifican de acuerdo a lo presentado en Tablas 4 y 5.

Tabla 4. Asignación de código en función de la frecuencia de desplazamiento proyectado

Código	Cantidad de traslados
1	0,0 a 3,5
2	3,6 a 7,0
3	7,1 a 10,5
4	10,6 a 14,0
5	14,1 a 17,5
6	17,6 a 21,0
7	21,1 a 24,5
8	24,6 a 28,0
9	28,1 a 31,5
10	31,6 a 35

En la Tabla 5 se presentan los códigos asignados en función de las características del transporte.

Tabla 5. Asignación de código en función de las características del traslado

Código	Descripción
1	Con vehículo
2	A pie, sin carga
3	A pie, con carga liviana
4	A pie, con carga liviana/media
5	A pie, con carga media
6	A pie, con carga media/pesada
7	A pie, con carga pesada
8	A pie, con carga muy pesada
9	Con equipo transporte, carga pesada
10	Con equipo transporte, carga muy pesada

Estos dos factores se multiplicaron, obteniéndose el Factor de Flujo Ponderado (FFP).

Posteriormente, el FFP se convirtió a los códigos normalizados que usualmente se utilizan para la elaboración del Diagrama de Relación de Actividades, de acuerdo a Tabla 6.

Tabla 6. Relación ente los códigos normalizados y FFP

Código	FFP	Definición
A	21-55	Absolutamente necesario que estos departamentos estén uno junto al otro
E	11-20	Especialmente importante
I	6-10	Importante
O	1-5	Ordinariamente importante
U	0	Sin importancia
X		No deseable

Por otro lado, se consideró la importancia de otras variables de índole cualitativa, entre las que se mencionan:

- elementos tangibles del servicio (apariencias de las instalaciones),
- factores relacionados con la seguridad e higiene laboral,
- necesidad de comunicación informal entre sectores que pueden no figurar explícitamente en el relevamiento de un proceso.

Estas variables, se evaluaron de acuerdo a la opinión del gerente y de los operarios involucrados. Al igual que en el caso anterior, fueron normalizados utilizando los códigos de Diagrama de Relación de Actividades.

Determinación de CUI

El FFP y los factores cualitativos, ambos normalizados, fueron integrados a fin de poder encontrar un único código que los represente de manera conjunta y que se ha denominado Código Único de Integración (CUI). El CUI es el parámetro que cuantifica la necesidad de cercanía entre dos áreas o sectores de la empresa y que considera aspectos cuantitativos y aspectos cualitativos. A partir del CUI fue posible armar el Diagrama de Relación de Actividades.

En Anexo 1 se presentan los FFP, la cuantificación de las variables cualitativas y el CUI entre cada una de las dependencias.

En el proceso de combinación siempre se seleccionó el factor más restrictivo, y en toda situación, la presencia del código X condicionó la decisión. Cabe destacar que se presentan los códigos obtenidos para aquellas relaciones, entre todas las posibles, que como resultado no se obtuvo el código U (sin importancia). Las relaciones entre sectores que no aparecen en la tabla del anexo tienen un CUI igual a U, es decir, que no es importante que se encuentren ni cercanos ni alejados.

Obtención del Diagrama de Relación de Actividades

A partir del resultado obtenido de CUI, fue posible armar el Diagrama de Relación de Actividades, el cual se presenta en la Figura 6.

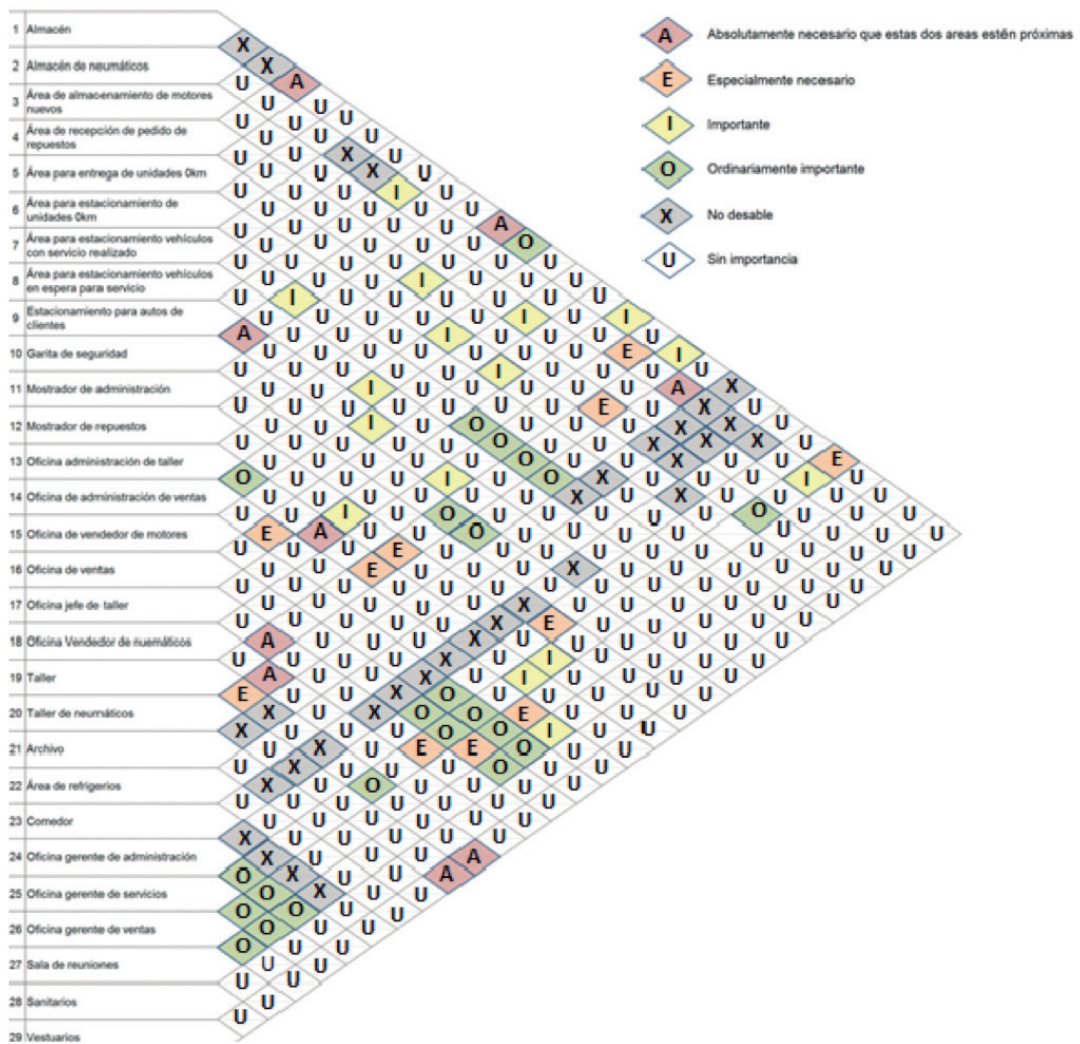


Figura 6. Diagrama de Relación de Actividades para ADASA

Simulación de la Distribución Actual

Para el análisis de la distribución actual, se modelaron y simularon en Promodel® los procesos P1, P2 y P3 pertenecientes al departamento de Servicios que son los más importantes considerando la demanda y los recursos que requieren para producirse. Se realizó dicha selección debido a que el software Promodel® utilizado corresponde a la versión estudiantil y posee una capacidad limitada de componentes a modelar, imposibilitando la representación de todos los procesos de la empresa de manera simultánea.

Se simuló el sistema para un período de un año que equivale a 2142 horas de trabajo y se estableció un tiempo de preparación equivalente a una jornada de trabajo de 8,5 horas para obtener resultados estadísticos estables. Cabe destacar que la cantidad de recursos que se consideraron en el modelo fueron los necesarios para cumplir con los objetivos de producción propuestos y que dichos valores se obtuvieron como resultado de distintas corridas de simulación del sistema, según se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. Recursos necesarios para los objetivos de producción

Recurso	Cantidad
Guardia	1
Vendedor de repuestos	4
Mecánico de taller	8
Jefe de taller	1
Administrativo de taller	1
Administrativo	1

Los resultados obtenidos de la simulación, necesarios para analizar la dinámica de la distribución actual, se presentan en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Tiempos de operación y traslado para recursos en distribución original

Recurso	% de tiempo en operación y traslado
Guardia	60,62
Vendedor de repuestos	99,86
Mecánico de taller	92,45
Jefe de taller	81,48
Administrativo de taller	53,79
Administrativo	57,63

El porcentaje de tiempo en que los recursos estuvieron realizando actividades de operación y traslado hace referencia al tiempo que el trabajador no está ocioso.

Tabla 9. Tiempos de operación y traslado para Clientes en distribución original

Entidad	% tiempo en operaciones y traslados
Proveedor	50,88
Cliente de repuestos	47,71
Cliente reparación	48,05

El porcentaje de tiempo que los clientes fueron atendidos o estaban trasladándose en las instalaciones, hace referencia al tiempo durante el cual se realiza tareas necesarias para obtener el producto.

Por otro lado se observaron flujos cruzados fundamentalmente entre las áreas recepción de repuestos, taller y mostrador de administración con mostrador de repuestos.

Propuesta de Mejora

A partir del Diagrama de Relación de Actividades y del análisis de los flujos observados en la simulación, en la figura 7 se elaboró la propuesta de rediseño de Distribución de Instalaciones de la empresa.

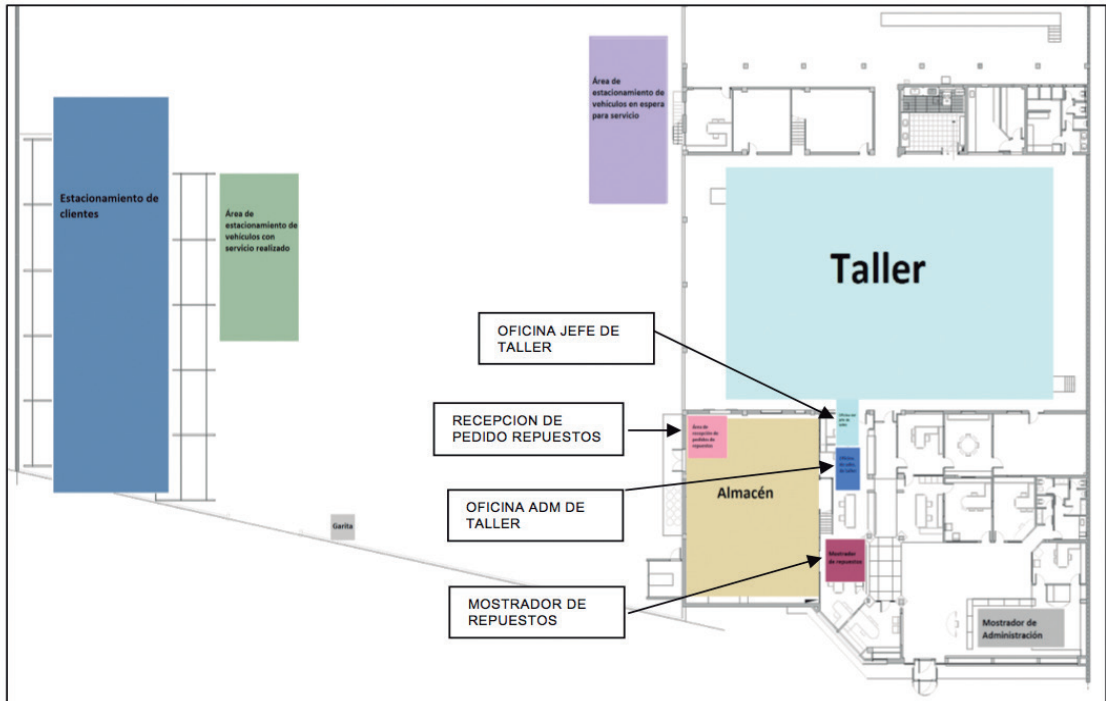


Figura 7. Distribución propuesta

Cabe señalar que:

- Respecto del almacén de repuestos:
 - Se redimensionó y trasladó el almacén a un único sector, que era el área desaprovechada que linda con la playa de maniobras;
 - Se realizó una abertura de acceso desde el almacén hacia la playa de maniobras.
- Se delimitó el área de recepción de pedidos de repuestos dentro del nuevo almacén y próximo a la puerta que da a la playa de maniobras.
- Se acercaron los puestos de trabajo del jefe de taller y administrativo de taller
- Se ubicó al gerente de servicios en la original oficina del gerente de ventas
- Se ubicó al administrativo de ventas donde se ubicaba el mostrador de repuestos y el gerente de ventas, donde se ubicaba el gerente de servicios.

Verificación de la mejora con la nueva distribución aplicando simulación

El sistema se modeló y simuló considerando la distribución propuesta y teniendo en cuenta que se deben cumplir los mismos objetivos de producción. Es importante destacar que, la cantidad de recursos requeridos son los mismos que en la situación actual.

Los parámetros obtenidos de esta simulación se presentan en las tablas 10 y 11.

Tabla 10. Tiempos de operación y traslado para recursos en distribución propuesta

Recurso	% tiempo en operación y traslado
Guardia	60,62
Vendedor de repuestos	89,96
Mecánico de taller	90,77
Jefe de taller	79,42
Administrativo de taller	53,79
Administrativo	57,63

Tabla 11. Tiempos de operación y traslado para clientes en distribución propuesta

Entidad	% tiempo en operaciones y traslados
Proveedor	46,04
Cliente de repuestos	44,47
Cliente reparación	46,88

Finalmente, se observa una clara disminución de los flujos cruzados.

En el siguiente apartado se analizan los resultados arrojados por ambas simulaciones

DISCUSIÓN

El relevamiento de los productos que ofrece la empresa ayudó a comprender las características de la misma en el sentido de la importante variedad que ofrece y que todos poseen un componente significativo de servicio. Esto tiene diversas implicancias significativas. Por ejemplo, la participación del cliente en los procesos es muy importante, generando además de incertidumbre, la necesidad de considerar aspectos que en la manufactura usualmente no son necesarios. Tal el caso de la apariencia de las instalaciones y su distribución.

El análisis de los diagramas de flujo de los procesos permitió deducir una probable existencia de flujos cruzados entre las distintas tareas que los componen.

Los resultados de la determinación de los recursos (operarios) necesarios, coincidieron con la cantidad de recursos que actualmente dispone la empresa, lo que permitió concluir que no hacen a la restricciones del sistema y es posible aumentar su producción y/o su productividad, sin necesidad de requerir mayor cantidad de los mismos.

A partir de los resultados de la simulación de la situación actual, se pudo observar que:

- De tabla 7, los recursos necesarios para cumplir con los objetivos de la producción ajustaron a lo calculado a partir de los tiempos que insumen los distintos procesos y los objetivos de producción;
- De la tabla 8, el vendedor de repuestos resultó ser el recurso que se encuentra la mayor parte del tiempo ocupado. El mecánico de taller y el jefe de taller, también tuvieron un alto porcentaje. Los recursos guardia, administrativo de taller y administrativo sostuvieron un porcentaje de ocupación mucho menor;
- De tabla 9, los clientes del sistema, proveedor, clientes de repuestos y clientes de reparación, se encontraron alrededor del 50% del tiempo realizando tareas necesarias para obtener el producto;
- Se confirmó la existencia de importante cantidad de flujos cruzados

El armado del Diagrama de Relación de Actividades permitió proponer una nueva distribución consistente con los objetivos propuestos. Cabe mencionar que la consideración de los aspectos cualitativos, relacionados básicamente por tratarse de una empresa de servicios, modificaron en muchos casos las características de esta gráfica y en consecuencia la propuesta se vio afectada. A partir de los resultados de la situación propuesta, se pudo observar que:

- Respecto del almacén de repuestos, la nueva abertura permitió la entrega del pedido diario de repuestos con comodidad y sin interrumpir las actividades de otras áreas;
- Por otra parte la centralización del mismo, favoreció su administración y control;
- La delimitación del área de recepción de pedidos de repuestos dentro del nuevo almacén y próximo a la puerta que da a la playa de maniobras permitió una rápida recepción del pedido diario y el ingreso del pedido diario completo de repuestos al almacén para la

posterior ubicación de las piezas;

- La proximidad entre los puestos de trabajo del jefe de taller y administrativo de taller permitió mayor comunicación y trabajo en equipo lo que se reflejará en mejor calidad de atención al cliente;
- La reubicación de la oficina del gerente de servicios permitirá la correcta supervisión de todo el sector;
- La reubicación del administrativo de ventas permitirá al vendedor tener una oficina para poder realizar su tarea con más privacidad. Su ubicación cercana al gerente de ventas también favorece el desarrollo de sus funciones.

A partir de los resultados de la simulación de la situación propuesta, se puede observar que:

- De Tabla 10, los porcentajes de ocupación de los recursos vendedor de repuestos, mecánico de taller y jefe de taller han disminuido. Esta reducción se atribuye a una disminución en las distancias recorridas, generada por la nueva distribución de las áreas.
- Los porcentajes de ocupación de los recursos guardia, administrativo de taller y administrativo, no se vieron modificados dado que la parte de los procesos en los que intervienen no varió por la reasignación de áreas
- De tabla 11, se observó una reducción del 9,47% del tiempo de traslados de los proveedores de repuestos, 6,79% de los de los clientes de repuestos y un 2,43% de los clientes para reparación durante el año simulado. Esto significa que el tiempo requerido de los clientes disminuyó para obtener el mismo producto.
- También se observó claramente la disminución de los flujos cruzados.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en los estudios de Martínez- Martínez *et al.* (2012) y Tearwattanarattikal *et al.* (2008), que demostraron que mediante el uso de la metodología PSL y el software Promodel® alcanzaron alternativas de diseño de instalaciones que permitieron mejorar el uso de los recursos, reducir tiempos del proceso y disminuir los flujos cruzados.

CONCLUSIONES

La metodología PLS aplicada implicó una revisión exhaustiva de todo el sistema permitiendo relevar los procesos que se desarrollan y tomarlos como puntos de partida para efectuar cualquier tipo de mejora.

La cuantificación de la importancia de la relación entre distintos sectores resultó de suma utilidad para la confección de Diagrama de Relación de Actividades. Considerar factores cuantitativos y aquellos relacionados con la importante presencia del cliente en todos los procesos, contribuyó a cambios importantes en el Diagrama de Relación de Actividades.

La incorporación del Código Único de Integración fue la herramienta que hizo posible que el modelo SPL, diseñado para empresas de manufactura, pueda adaptarse en forma sencilla a empresas de servicios.

La utilización de un software para simular el desarrollo de los procesos de la distribución en planta fue factible y simplificó el tiempo de análisis. La versión estudiantil del Software Promodel®, si bien limitó la cantidad de procesos a simular, contribuyó en gran medida a sustentar las decisiones tomadas con respecto a los procesos de toda la organización.

La redistribución de las distintas locaciones que los procesos emplean, generaron mejoras que pudieron validarse a través de la simulación. Estas mejoras fueron interpretadas como una disminución en los tiempos destinados al desarrollo de los procesos, que pueden entenderse como una mejora de la productividad y del servicio al cliente.

En consecuencia, es posible expresar que la hipótesis planteada se cumple para este trabajo.

REFERENCIAS

- BATISTA MARTINS, V. W., and TAVARES DE FREITAS, F.F. Planejamento sistemático de layout (psl): análise do layout de uma empresa produtora de pneus recapados. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 2011, vol. 3, no. 5, 216-233.
- CAMBRON, K. E., and EVANS, G. W. Layout design using the analytic hierarchy process. *Computers industrial Engineering*. 1991, vol. 20, no.2, p. 211-229.
- GALINDO ALVAREZ, A.M., and TAPIA, M. SPL: una forma sencilla de analizar la distribución física de su fábrica . *Revista Ingeniería Industrial*. 2008, vol. 29, no.2.
- MARTÍNEZ MARTÍNEZ, A., LOZADA, T., FLORES ÁVILA, L.C., and CONSTANTINO, G. Aplicación de simulación y slp en la empresa “La vieja molienda de Santa Maty” para mejorar la distribución de sus componentes y el uso de los espacios. *Revista de la Ingeniería Industrial*. 2012, vol. 6, no.1,p. 29-50.
- MEJIA, Heidy, et al. Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución. *Scientia Et Technica*, 2011, vol. 3, no. 49, p. 63-68.
- MEYERS, F., and STEPHENS, M. *Diseño de instalaciones de manufatcura y manejo de materiales*. 3º ed.. México, Pearson Educación, 2006. 508p. ISBN 970-26-0749-3.
- MEYERS, Fred ., and STEPHENS, Mathew. 2006. *Diseño de instalaciones de manufatcura y manejo de materiales*. México : Pearson Educación, 2006. ISBN 970-26-0749-3.
- MUTHER, R. *Distribución en Planta: Ordenación racional de los elementos de producción industrial* . 4º ed.. Barcelona, Hispano Europea, 1981. 472p.
- SULE, D.R. *Instalaciones de manufactura*. Mexico, Thomson Learning, 2001, 726p. ISBN 970-686-068-1.
- TEARWATTANARATTIKAL, P., NAMPHACHAROEN, S., and CHAMRASPORN, C. Using ProModel as a simulation tools to assist plant layout design and planning: Case study plastic packaging factory. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 2008, vol. 30, no.1, p.117-123.
- YANG, T., and KUO, C. A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem. *European Journal of Operational Research*, 2003, vol. 147, p.128–136.

ANEXO 1. CUI entre las áreas de la empresa

Combinación de áreas	FFP	F Cualitativos	Codificación según F Cualitativos	CUI
Almacén - Almacén de neumáticos	U	Seguridad contra incendio	X	X
Almacén - Área de almacenamiento de motores nuevos	U	Seguridad contra incendio	X	X
Almacén - Área de recepción de pedido de repuestos	A	Supervisión	A	A
Almacén - Mostrador de repuestos	A	Supervisión	A	A
Almacén - Oficina administración de taller	U	Comunicación	O	O
Almacén - Oficina jefe de taller	U	Comunicación	I	I
Almacén - Taller	U	Acceso	I	I
Almacén - Archivo	U	Seguridad contra incendio	X	X
Almacén - Oficina Gerente de servicios	U	Supervisión	E	E
Almacén de neumáticos - Área para estacionamiento vehículos con servicio realizado	U	Seguridad contra incendio	X	X
Almacén de neumáticos - Área para estacionamiento vehículos en espera para servicio	U	Seguridad contra incendio	X	X
Almacén de neumáticos - Estacionamiento para autos de clientes	I	---	I	I
Almacén de neumáticos - Oficina Vendedor de neumáticos	O	Supervisión	E	E
Almacén de neumáticos - Taller de neumáticos	U	Supervisión	A	A
Almacén de neumáticos - Archivo	U	Seguridad contra incendio	X	X
Almacén de neumáticos - Área de refrigerio	U	Presencia del cliente	X	X
Almacén de neumáticos - Comedor	U	Presencia del cliente	X	X
Almacén de neumáticos - Oficina Gerente de servicios	U	Supervisión	I	I
Almacenamiento motores nuevos - Oficina vendedor de motores	i	Supervisión	I	I
Almacenamiento de motores nuevos - Archivo	U	Seguridad contra incendio	X	X
Almacenamiento de motores nuevos - Área de Refrigerio	U	Presencia del cliente	X	X
Área de recepción de pedido de repuestos - Mostrador de repuestos	I	Supervisión	I	I
Área de recepción de pedido de repuestos - Taller	U	Flujo de piezas voluminosas	E	E
Área de recepción de pedido de repuestos - Archivo	U	Seguridad contra incendio	X	X
Área de recepción de pedido de repuestos - Área de refrigerios	U	Presencia del cliente	X	X
Área de recepción de pedido de repuestos - Oficina Gerente de servicios	U	Supervisión	O	O
Área para entrega de unidades 0km - Oficina de administración de ventas	I	Atención al cliente	I	I
Área para entrega de unidades 0km - Oficina de ventas	I	Atención al cliente	I	I
Área para entrega de unidades 0km - Comedor	U	Presencia del cliente	X	X
Área para estacionamiento de unidades 0km - Archivo	U	Seguridad contra incendio	X	X
Área para estacionamiento vehículos con servicio realizado - Garita de seguridad	I	Atención al cliente	I	I
Área para estacionamiento vehículos con servicio realizado - Oficina jefe de taller	O	Atención al cliente	O	O

Área para estacionamiento vehículos con servicio realizado - Oficina Vendedor de neumáticos	O	Atención al cliente	O	O
Área para estacionamiento vehículos con servicio realizado - Taller	O	Atención al cliente	O	O
Área para estacionamiento vehículos con servicio realizado - Taller de neumáticos	O	Atención al cliente	O	O
Área para estacionamiento vehículos con servicio realizado - Archivo	U	Seguridad contra incendio	X	X
Área para estacionamiento vehículos en espera para servicio - Of. Administración de ventas	U	Seguridad contra incendio	I	I
Estacionamiento para autos de clientes - Garita de seguridad	U	Atención al cliente	A	A
Estacionamiento para autos de clientes - Oficina Vendedor de motores	I	Atención al cliente	I	I
Estacionamiento para autos de clientes - Oficina Vendedor de neumáticos	I	Atención al cliente	I	I
Estacionamiento para autos de clientes - comedor	I	Presencia del cliente	X	X
Garita de seguridad - Taller	O	Supervisión	O	O
Garita de seguridad - Taller de neumáticos	O	Supervisión	O	O
Mostrador de administración - Comedor	U	Presencia del cliente	X	X
Mostrador de administración - Oficina gerente de administración	U	Supervisión	E	E
Mostrador de repuestos - Oficina jefe de taller	U	Comunicación	I	I
Mostrador de repuestos - Taller	E	Atención al cliente	E	E
Mostrador de repuestos - Comedor	U	Presencia del cliente	X	X
Mostrador de repuestos - Oficina Gerente de servicios	U	Supervisión	I	I
Oficina administración de taller - Oficina de administración de ventas	U	Comunicación	O	O
Oficina administración de taller - Oficina jefe de taller	E	Comunicación	A	A
Oficina administración de taller - Taller	I	Comunicación	E	E
Oficina administración de taller - Comedor	U	Presencia del cliente	X	X
Oficina administración de taller - Oficina Gerente de servicios	U	Supervisión	I	I
Oficina de administración de ventas - Oficina de ventas	I	Comunicación	E	E
Oficina de administración de ventas - Comedor	U	Presencia del cliente	X	X
Oficina de administración de ventas - Oficina gerente de ventas	U	Supervisión	E	E
Oficina de administración de ventas - Sala de reuniones	U	Comunicación	I	I
Oficina de vendedor de motores - Comedor	U	Presencia del cliente	X	X
Oficina de vendedor de motores - Oficina gerente de administración	U	Comunicación	O	O
Oficina de vendedor de motores - Oficina Gerente de servicios	U	Comunicación	O	O
Oficina de vendedor de motores - Oficina gerente de ventas	U	Comunicación	O	O
Oficina de vendedor de motores - Sala de reuniones	U	Comunicación	O	O
Oficina de ventas - Comedor	U	Presencia del cliente	X	X
Oficina de ventas - Oficina gerente de administración	U	Comunicación	O	O
Oficina de ventas - Oficina Gerente de servicios	U	Comunicación	O	O

Oficina de ventas - Oficina gerente de ventas	U	Supervisión	E	E
Oficina de ventas - Sala de reuniones	U	Comunicación	O	O
Oficina jefe de taller – Taller	O	Supervisión	A	A
Oficina jefe de taller - Comedor	U	Presencia del cliente	X	X
Oficina jefe de taller - Oficina Gerente de servicios	U	Supervisión	E	E
Oficina Vendedor de neumáticos - Taller de neumáticos	O	Supervisión	A	A
Taller - Taller de neumáticos	U	Compartir herramientas	E	E
Taller - Archivo	U	Seguridad contra incendio	X	X
Taller - Comedor	U	Presencia del cliente	X	X
Taller - Oficina Gerente de servicios	U	Supervisión	O	O
Taller – Vestuarios	U	Presencia del cliente	A	A
Taller de neumáticos - Archivo	U	Seguridad contra incendio	X	X
Taller de neumáticos - Comedor	U	Presencia del cliente	X	X
Taller de neumáticos – Vestuarios	U	Flujo	A	A
Archivo – Comedor	U	Seguridad contra incendio	X	X
Comedor - Oficina gerente de administración	U	Presencia del cliente	X	X
Comedor - Oficina Gerente de servicios	U	Presencia del cliente	X	X
Comedor - Oficina gerente de ventas	U	Presencia del cliente	X	X
Comedor - Sala de reuniones	U	Presencia del cliente	X	X
Oficina gerente de administración - Oficina Gerente de servicios	U	Comunicación	O	O
Oficina gerente de administración - Oficina gerente de ventas	U	Comunicación	O	O
Oficina gerente de administración - Sala de reuniones	U	Comunicación	O	O
Oficina Gerente de servicios - Oficina gerente de ventas	U	Comunicación	O	O
Oficina Gerente de servicios - Sala de reuniones	U	Comunicación	O	O
Oficina gerente de ventas - Sala de reuniones	U	Comunicación	O	O