



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

---

**“PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA OPTIMIZAR  
EL PROCESO DE MANTENIMIENTO EN EL TALLER DE RUEDAS DE  
LA COMPAÑÍA LATAM ECUADOR”**

---

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor:**

Calderón Valdiviezo Alex Fernando

**Tutor:**

Ing. Naranjo Mantilla Olga Marisol, Mg.

AMBATO – ECUADOR

2022

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

Yo, Calderón Valdiviezo Alex Fernando, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “**PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MANTENIMIENTO EN EL TALLER DE RUEDAS DE LA COMPAÑÍA LATAM ECUADOR**”, como requisito para optar al grado de Ingeniero 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 Ambato, a los 14 días del mes de julio del 2022, firmo conforme:

Autor: Calderón Valdiviezo Alex Fernando



Firmado electrónicamente por:  
**ALEX FERNANDO  
CALDERON  
VALDIVIEZO**

Firma: .....

Número de Cédula: 1802719292

Dirección: Eugenio Espejo y Plácido Caamaño Conocoto- Quito

Correo Electrónico: alexklderon@me.com

Teléfono: 0984932274

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “**PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MANTENIMIENTO EN EL TALLER DE RUEDAS DE LA COMPAÑÍA LATAM ECUADOR**” presentado por Calderón Valdiviezo Alex Fernando, para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación 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 del Tribunal Examinador que se designe.

Ambato, 14 de julio de 2022



Firmado electrónicamente por:

**OLGA MARISOL  
NARANJO  
MANTILLA**

.....  
Ing. Naranjo Mantilla Olga Marisol, Mg.

**TUTORA**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

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

Ambato, 14 de julio de 2022



Firmado electrónicamente por:  
**ALEX FERNANDO  
CALDERON  
VALDIVIEZO**

.....  
Calderón Valdiviezo Alex Fernando

CC: 1802719292

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “**PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MANTENIMIENTO EN EL TALLER DE RUEDAS DE LA COMPAÑÍA LATAM ECUADOR**”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Ambato, 14 de julio de 2022



Firmado electrónicamente por:  
**LORENA ELIZABETH  
CACERES MIRANDA**

.....  
Ing. Cáceres Miranda Lorena Elizabeth, Mg.

**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**JACQUELINE DEL  
PILAR VILLACIS  
GUERRERO**

.....  
Ing. Villacís Guerrero Jacqueline del Pilar, Mg.

**VOCAL**



Firmado electrónicamente por:  
**ALEXIS SUAREZ  
DEL VILLAR  
LABASTIDA**

.....  
Ing. Suárez del Villar Labastida Alexis, Mg.

**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

*Dedico mi Tesis a:*

*A mis padres Wilfrido Calderón y Martha Valdiviezo, ya que, con su amor, sacrificio y un trabajo duro, me han apoyado para cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el esfuerzo y la perseverancia para nunca rendirme sabiendo que todo llega a su tiempo si se lo hace de manera correcta.*

*A mi esposa Diana y a mi hija María Paula, con su amor y paciencia durante este tiempo han hecho que cada esfuerzo valga la pena, siendo mi apoyo incondicional, y mi razón para superarme cada día.*

*Finalmente, de manera muy especial quiero dedicar a mi tío José Valdivieso que desde allá en el cielo estará muy orgulloso de su hijo al ver que una meta más ha sido cumplida, gracias a su empuje y apoyo siempre he comenzado mis sueños hasta cumplirlos.*

*Alex Fernando*

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi gustaría agradecer primeramente a Dios por darme la salud y la vida, llenándome de bendiciones que me han permitido cumplir mis metas y no decaer en los momentos más difíciles.*

*A mis padres, hermanos y esposa que han sido quienes me han impulsado siempre a salir adelante, demostrándome su apoyo en todo momento y la confianza para contar con ellos en cualquier circunstancia.*

*A mis docentes por transmitir sus conocimientos que han sido de gran ayuda para mi crecimiento profesional y que este tiempo sea lleno de aprendizajes.*

*Gracias*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN .....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO .....	xv
ABSTRACT.....	xvi

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

Tema:.....	1
Introducción .....	1
Antecedentes .....	3
Justificación.....	5
Objetivo General .....	6
Objetivos Específicos.....	6



## **CAPÍTULO II**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

Análisis de la situación actual .....	7
Área de estudio.....	25
Modelo operativo .....	26
Desarrollo del modelo operativo .....	26

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

Presentación de la propuesta .....	29
Redistribución del taller de ruedas.....	29
Resultados esperados .....	50
Cronograma de la Propuesta .....	51
Costo y Administración .....	52

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones: .....	53
Recomendaciones:.....	54
Bibliografía .....	55
Anexos .....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Actividades del proceso de reparación de ruedas Airbus A-320 Nariz. ...	8
<b>Tabla 2:</b> Actividades del proceso de reparación de ruedas Airbus A-320 Principal. .....	9
<b>Tabla 3:</b> Caracterización del proceso de reparación de ruedas. ....	10
<b>Tabla 4:</b> Facilidad de traslado. ....	12
<b>Tabla 5:</b> Ubicación de máquinas y equipos. ....	13
<b>Tabla 6:</b> Tráfico cruzado. ....	14
<b>Tabla 7:</b> Espacio adecuado.....	15
<b>Tabla 8:</b> Proceso.....	16
<b>Tabla 9:</b> Productividad. ....	17
<b>Tabla 10:</b> Valor agregado.....	18
<b>Tabla 11:</b> Tiempos del proceso. ....	19
<b>Tabla 12:</b> Redistribución de planta. ....	20
<b>Tabla 13:</b> Organización de planta. ....	21
<b>Tabla 14:</b> Resultados del AVA del proceso actual. ....	24
<b>Tabla 15:</b> Área de estudio. ....	25
<b>Tabla 16:</b> Cálculo de requerimientos de espacio. ....	33
<b>Tabla 17:</b> Significados y fórmulas aplicadas en el cálculo de superficies. ....	34
<b>Tabla 18:</b> Valores y porcentajes de adyacencia aternativa 1. ....	36
<b>Tabla 19:</b> Forma de los departamentos alternativa 1. ....	38
<b>Tabla 20:</b> Análisis de costos alternativa 1.....	39
<b>Tabla 21:</b> Análisis de alternativa 1.....	39
<b>Tabla 22:</b> Valores y porcentajes de adyacencia aternativa 2. ....	41
<b>Tabla 23:</b> Forma de los departamentos alternativa 2. ....	43
<b>Tabla 24:</b> Análisis de costos alternativa 2.....	44
<b>Tabla 25:</b> Análisis de alternativa 2.....	44
<b>Tabla 26:</b> Valores y porcentajes de adyacencia aternativa 3. ....	46
<b>Tabla 27:</b> Forma de los departamentos alternativa 3. ....	48
<b>Tabla 28:</b> Análisis de costos alternativa 3.....	49

<b>Tabla 29:</b> Análisis de alternativa 3.....	49
<b>Tabla 30:</b> Evaluación de alternativas. ....	50
<b>Tabla 31:</b> Cronograma de actividades de la propuesta. ....	51
<b>Tabla 32:</b> Costos de la propuesta. ....	52

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Facilidad de traslado.....	12
<b>Gráfico 2:</b> Ubicación de máquinas y equipos .....	13
<b>Gráfico 3:</b> Tráfico cruzado.....	14
<b>Gráfico 4:</b> Espacio adecuado.....	15
<b>Gráfico 5:</b> Proceso.....	16
<b>Gráfico 6:</b> Productividad.....	17
<b>Gráfico 7:</b> Valor agregado.....	18
<b>Gráfico 8:</b> Tiempos del proceso. ....	19
<b>Gráfico 9:</b> Redistribución de planta .....	20
<b>Gráfico 10:</b> Organización de planta. ....	21
<b>Gráfico 11:</b> Diagrama desde-hacia.....	23
<b>Gráfico 12:</b> Modelo operativo.....	26
<b>Gráfico 13:</b> Diagrama desde hacia. ....	32
<b>Gráfico 14:</b> Relación de áreas alternativa 1 .....	35
<b>Gráfico 15:</b> Relación de adyacencia alternativa 1.....	37
<b>Gráfico 16:</b> Relación de actividades alternativa 1. ....	37
<b>Gráfico 17:</b> Relación de áreas alternativa 2 .....	40
<b>Gráfico 18:</b> Relación de adyacencia alternativa 2.....	42
<b>Gráfico 19:</b> Relación de actividades alternativa 2. ....	42
<b>Gráfico 20:</b> Relación de áreas alternativa 3 .....	45
<b>Gráfico 21:</b> Relación de adyacencia alternativa 3.....	47
<b>Gráfico 22:</b> Relación de actividades alternativa 3. ....	47

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Superficie necesaria de una planta industrial.....	30
<b>Ecuación 2:</b> Determinación de la superficie estática.....	30
<b>Ecuación 3:</b> Determinación de la superficie gravitacional.....	30
<b>Ecuación 4:</b> Determinación de la superficie de evolución .....	30

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Manual de mantenimiento de ruedas de avión.....	58
<b>Anexo 2:</b> Manual de ensamble de ruedas de avión.....	59
<b>Anexo 3:</b> Archivo fotográfico.....	60
<b>Anexo 4:</b> Distribución alternativa 1.....	62
<b>Anexo 5:</b> Distribución alternativa 2.....	63
<b>Anexo 6:</b> Distribución alternativa 3.....	64
<b>Anexo 7:</b> Distribución actual del taller de ruedas.....	65

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:** “PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MANTENIMIENTO EN EL TALLER DE RUEDAS DE LA COMPAÑÍA LATAM ECUADOR”

**AUTOR:** Calderón Valdiviezo Alex Fernando

**TUTOR:** Ing. Naranjo Mantilla Olga Marisol, Mg.

**RESUMEN EJECUTIVO**

La presente propuesta metodológica inicia identificando el problema más relevante que es la inadecuada distribución del taller de ruedas del tren de aterrizaje de aeronaves en relación a la productividad de cada uno de los explotadores aéreos. Para ello se plantea como objetivos: Determinar la situación actual del proceso de reparación de ruedas de la flota de LATAM, identificar las actividades generadoras de valor (AVA) y aplicar la metodología apropiada para su redistribución. Se procedió entonces a levantar información interna del taller, considerando las estadísticas de la producción mensual de ruedas reparadas, el tiempo que se tarda en entregar los productos, el tiempo estándar del proceso, análisis de valor agregado y movimientos mediante observación de campo realizadas en el año 2021. Con respecto al valor agregado se partió del análisis de las actividades definidas en los diagramas de flujo funcional y posterior a ello plasmar la información en el cuadro de Análisis de Valor Agregado AVA, realizando el análisis correspondiente a través de los diagramas de recorrido de materiales, diagrama desde - hacia, cálculo de los tiempos de trabajo, balance de línea de producción, evaluación por adyacencia de departamentos. Se concluyó que la distribución actual de planta no es la correcta para llevar a cabo dicho proceso, debido a que no se cumple con los criterios de adyacencia en base al número de departamentos existentes, la forma de los departamentos no cumple con las limitaciones mínimas de espacio; además, se pudo determinar un promedio de 41 actividades que se deben realizar en la reparación de ruedas con un tiempo estándar de 411 minutos, tiempo promedio de reparación de 430 minutos y un valor agregado de 47,60%. En base a los parámetros encontrados se selecciona la Alternativa 1, que es la que cumple con los mejores valores en las variables tomadas en consideración, una adyacencia de 883, la forma del 100% y un costo de 3107 dólares.

**Descriptor:** Adyacencia, mantenimiento, proceso, procedimiento, redistribución.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**THEME:** “PROPOSAL FOR THE REDISTRIBUTION OF THE PLANT IN THE WHEEL SHOP OF LATAM ECUADOR COMPANY”

**AUTOR:** Calderón Valdiviezo Alex Fernando

**TUTOR:** Ing. Naranjo Mantilla Olga Marisol, Mg.

**ABSTRACT**

The current methodological proposal begins by identifying the most relevant problem. The inadequate distribution of the aircraft's landing gear wheel shop. The problem is related to the productivity of each aerial exploiter. Purposely, this investigation established the following objectives, determining the current situation of the LATAM fleet's wheel repair process, identifying value-generating activities (AVA), and applying the appropriate methodology for their redistribution. Suddenly, it was necessary to collect intern information from the workshop. For this, the researcher considered the statistics of the monthly production of repaired wheels, the product delivery time, the process standard time, value-added analysis, and movements by field observation made in 2021. Concerning the added value, the researcher started the activities analysis defined in the functional flow diagrams and captured the information in the AVA Value Added Analysis table. Therefore, has been carried out the data through the material route diagrams, from-to statistics, calculation of work times, the balance of the production line, and evaluation by the adjacency of departments. Indeed, the information analyzed concluded that the current plant distribution is not the correct one to carry out the process because the adjacency criteria are not met based on the number of existing departments. Likewise, the form of the apartments does not meet the minimum space limitations. In addition, it was possible to determine an average of 41 activities that must carry out in the repair of wheels with a standard time of 411 minutes, an average repair time of 430 minutes, and an added value of 47.60%. Found on the parameters, the researcher selected Alternative 1 because it complied better with values among the variables considered. Variable 1 showed an adjacency of 883, the form of 100%, and a cost of \$3107.

**Descriptors:** Adjacency, maintenance, process, procedure, redistribution.



## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **Tema**

“PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE MANTENIMIENTO EN EL TALLER DE RUEDAS DE LA COMPAÑÍA LATAM ECUADOR”

#### **Introducción**

En un entorno globalizado cada vez más las compañías aéreas en el mundo dan la importancia que se debe dar a sus talleres de mantenimiento; por cuanto las naves que están en constante vuelo no deben fallar bajo ningún tipo de argumento. Por lo tanto, se hace imperativo evaluar con minuciosidad mediante un adecuado diseño y distribución de la planta, todos los detalles acerca del qué, cómo, con qué y dónde producir o prestar un servicio, así como los pormenores de la capacidad de tal manera que se consiga el mejor funcionamiento de las instalaciones (Baltazar, 2019).

En el Ecuador los problemas de distribución de planta se han ido incrementando, en especial en talleres de mantenimiento de aviones; en donde no se ha efectuado un estudio técnico para el ordenamiento del proceso de mantenimiento, ya que el trabajo se lo ejecuta en forma empírica en relación a los procesos de producción de los talleres (HEFLO, 2019).

Al realizar las tareas de mantenimiento no se han tomado en cuenta aspectos de espacio, distribución de maquinarias y equipos, la secuencia lógica del proceso de mantenimiento, sea este mecánico, eléctrico, electrónico y considerando además si se trata de un mantenimiento preventivo o correctivo.

En los talleres de mantenimiento en aeropuertos en el Ecuador se debe tener muy en claro que cuando se va a realizar el diseño de una planta esta debe ser duradera, es decir, que no deba cambiarse dentro de unos años, sino que sirva por mucho tiempo, sin necesidad de invertir más dinero en esta (DAC, 2019). Pero a pesar de esto el escritor Richard C. Vaughn presenta cuatro casos específicos en los cuales se puede dar un cambio en el diseño de la planta, estos son:

El primero de ellos es cuando se adiciona un nuevo producto o servicio, el cual necesita nueva herramientas o una nueva línea de producción, el segundo es cuando aumenta o disminuye la demanda de un producto o servicio, aquí se requiere un cambio sencillo, como distribuir la planta por proceso en vez de producto, el tercero es la sustitución de un equipo anticuado, es necesario en esta ocasión destruir una parte de la planta para reemplazar el equipo y el cuarto es la revisión de métodos y medidas, donde se requiere una redistribución de los servicios generales de la planta.

Para esto el ingeniero industrial pone en práctica muchos de los aspectos que él conoce a la perfección, lo principal es la solución un problema porque si el diseño de planta no se hace de la manera requerida esto se convertiría en todo un caos para la empresa, debe minimizar costos, debe montar todo un sistema de logística a la perfección para que la distribución de la planta se realice de la manera adecuada, debe prever el futuro, pues para la distribución de planta el ingeniero industrial piensa que podría pasar con la distribución que realizo, es decir, pensar en posibles cambios o ampliaciones, incluye un poco de sus conocimientos en ergonomía, pues hay que pensar en todos los aspectos que necesitara el empleado para realizar su trabajo y cuidar su vida y por ultimo tiene en cuenta el medio ambiente, pues diseña

un sistema de planta que no lo afecte, por ejemplo que los desechos se dirijan al lugar donde deben ir (Vallhonrat, y otros, 1991).

Por lo tanto, el ingeniero industrial debe tener conocimiento acerca de todo lo anterior porque su función es lograr la eficiencia de esas operaciones que son trazadas como objetivos y sin el conocimiento de distribución de planta, el cumplimiento de esos objetivos no sería posible.

En LATAM Ecuador ubicada en el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre Tababela en cumplimiento con su política de bienestar para con los usuarios de dicha línea aérea, ha establecido como una de las prioridades el mantenimiento de su flota de aeronaves; ya que no se puede permitir fallas y errores en las mismas; por ello es importante que la infraestructura en donde se realizan los trabajos de mantenimiento cumplan con una distribución técnica acorde al tipo de mantenimiento que se realiza en los mismos

La falta de una planificación y programación en los talleres al momento de realizar la distribución de puestos de trabajo, equipos y máquinas para que se realice el mantenimiento en las ruedas de las aeronaves ha ocasionado la indisponibilidad de los mismos por los tiempos de demora en dicho servicio, generando como consecuencia retraso en los tiempos establecidos para su mantenimiento

### **Antecedentes**

La gestión técnica de mantenimiento es de gran importancia y es considerado como el factor más alto y que conlleva a la disminución del índice de demoras de aeronaves y la cancelación de vuelos, tomando en consideración que de ello dependerá su óptimo nivel de productividad de cada una de las empresas que brindan el servicio de transporte aéreo.

Se considera que cada uno de las aerolíneas operan bajo el cumplimiento de las regulaciones emitidas por la DGAC basadas de igual manera en el Derecho

Aeronáutico y en la Resolución 1381 a cerca de la disposición técnica para la transmisión de datos estadísticos de transporte aéreo sobre calidad y cumplimiento del servicio, con base en los derechos y deberes de los usuarios, transportistas y operadores de los países miembros de la Comunidad Andina, los mismos que establecen las pautas tanto para un mantenimiento de aeronaves bajo un nivel alto de Seguridad Operacional , mantenimiento eficaz y eficiente de las aeronaves y los lineamientos a seguir en caso de demoras y cancelación de vuelos para el control estadístico de los mismos.

Flor (2017); menciona en su propuesta de proyecto de investigación: “Reimplementación del Cuadro de Mando Integral como herramienta de control y seguimiento de la planificación estratégica en la Dirección de la Industria Aeronáutica de la FAE (DIAF)”. La investigación hace referencia al objetivo de mejorar el control y seguimiento de la planificación estratégica mediante el establecimiento de una línea base de los procesos actuales de la DIAF.

El enfoque primordial es establecer estrategias y metas para aquellos aspectos más críticos que son un obstáculo para el buen desempeño de los procesos, generando de esta manera, actividades generadoras de valor. Como resultado de la investigación, se levanta la propuesta con el enfoque de una filosofía institucional como: misión, visión, definición de la estrategia, objetivos estratégicos, indicadores y metas, utilizando en Cuadro de Mando Integral como herramienta de seguimiento y control. Los objetivos son establecidos desde una perspectiva del cliente, financiera, procesos internos, aprendizaje y crecimiento debido a que es importante establecer todos los involucrados en la adopción de una estrategia.

Las actividades generadoras de valor son de vital importancia porque permiten presentar a la organización si los procesos utilizados permiten alcanzar la eficiencia requerida por el sistema, y a su vez también permite visualizar oportunidades de mejora para la organización y permanecer de esta manera dentro del sistema de mejoramiento continuo (Flor, 2017).

## **Justificación**

El presente proyecto de investigación tiene su origen dentro del Taller de Ruedas de la aerolínea LATAM Ecuador, ubicada en el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre en Tababela debido a que existe necesidad de mejorar la distribución del taller, en el servicio de mantenimiento de ruedas en las aeronaves de allí su **impacto** positivo.

La **utilidad** del tema planteado tiene su interés en la identificación de las causas que generan demoras en la entrega de los productos a tiempo afectando directamente las operaciones de las aeronaves, la empresa como tal se ve afectada en términos de costos, calidad, puntualidad y efectividad.

Es **importante** de igual manera considerar que existen factores intangibles como el humano el cual debe desarrollar sus actividades bajo un marco de seguridad y bienestar tanto físico como profesional ya que para la organización es fundamental contar con un equipo de trabajo competente y motivado.

Se propone generar un mejoramiento en la productividad y la capacidad del Taller mediante la redistribución de planta con el fin de evitar daños mayores a la organización. Se considera como **beneficiarios** el Taller de ruedas, el área de mantenimiento en línea y la empresa como tal aportando a su vez al desarrollo económico del país.

Finalmente, el presente proyecto es **factible** de llevar a cabo ya que cuenta con todo el acceso a la información necesaria para realizar la investigación y los conocimientos técnicos referentes a la flota de aeronaves con las que cuenta LATAM Ecuador.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Proponer la redistribución del taller de ruedas en el área de mantenimiento de la Compañía LATAM Ecuador para el aprovechamiento del área disponible.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la situación actual del proceso de reparación de ruedas de la flota de LATAM Ecuador para identificar las actividades prioritarias presentes en el mismo.
- Identificar las actividades generadoras de valor (AVA) en el proceso de reparación de ruedas para considerarlas como punto de partida en la redistribución del taller de la Compañía LATAM Ecuador.
- Aplicar la metodología SLP (System Layout Planning) para la redistribución del taller de ruedas en de la Compañía LATAM Ecuador.

## **CAPÍTULO II**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **Análisis de la situación actual**

Para determinar la situación actual del taller de ruedas de LATAM Ecuador, se procedió a levantar información interna del Taller, considerando las estadísticas de la producción mensual de ruedas reparadas, el tiempo que se tarda en entregar los productos, el tiempo estándar del proceso, análisis de valor agregado y movimientos mediante observación de campo realizadas en el taller, del año 2021.

En primer lugar al establecer las actividades del proceso de reparación de ruedas con sus respectivos tiempos, y estos a su vez están clasificados por equipo/modelo (Airbus-Embraer-ATR) y posición en la aeronave (Principal/nariz) con el objetivo de identificar actividades que no generan valor al proceso; adicional a ello se procedió a establecer las distancias que se recorre en cada una de las actividades del proceso con el objetivo de cuantificar las distancias que el personal del Taller está empleando. Una vez identificados los procesos del Taller, se realizará la representación estadística de la producción clasificada por semanas de trabajo. La información estadística corresponde a cuarenta y nueve semanas de las cuales se extraerá la información necesaria para proyectar la producción que actualmente el Taller está generando.

En la Tabla 1 se puede observar las actividades del proceso de reparación de ruedas en el caso específico de la nariz de un Airbus A'320, en el cual se detallan los tiempos de dichas actividades

**Tabla 1:** Actividades del proceso de reparación de ruedas Airbus A-320 Nariz

AIRBUS A-320 NARIZ		
N°	ACTIVIDADES	Tiempo (min)
1	Entregar ruedas al Técnico	2
2	Desinflar llanta	1
3	Retirar rulimanes de la rueda	3
4	Despegar el caucho de la rueda	5
5	Preparar herramientas	1
6	Desensamblar la rueda	8
7	Remover pesas	7
8	Lavar tambores	12
9	Solicitar inspección de NDT	1
10	Esperar la inspección de NDT	50
11	Limpiar y engrasar pernos	25
12	Inspeccionar los componentes en el taller de NDT	2
13	Entregar los componentes inspeccionados	25
14	Recibir orden de trabajo e identificar los componentes	1
15	Ensamblar la rueda	10
16	Solicitar materiales a bodega	1
17	Buscar materiales	15
18	Esperar materiales solicitados	30
19	Recibir los materiales	1
20	Continuar con el ensamble de la rueda	10
21	Inflar la rueda	2
22	Reabastecer de nitrógeno los cilindros	2
23	Esperar la recarga de los cilindros	20
24	Continuar con el inflado de la rueda	2
25	Balancear rueda	7
26	Lavar rulimanes	5
27	Inspeccionar los rulimanes y engrasar	14
28	Instalar los rulimanes en las ruedas	2
29	Solicitar cartón en Abastecimientos	1
30	Buscar cartón	3
31	Esperar la entrega de cartón	10
32	Recibir el cartón	1
33	Cortar los sellos de cartón	1
34	Sellar el eje de la rueda y pintar la línea de fe	1
35	Solicitar la inspección de la rueda	1
36	Esperar por la inspección de la rueda	30
37	Inspeccionar la rueda	2
38	Entregar la rueda al taller	1
39	Corregir la discrepancia reportada y colocar rueda en el área de almacenaje	5
40	Trasladar rueda a la bodega	2
41	Firmar documentación	1
<b>TOTAL</b>		<b>323</b>

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)




En la Tabla 2 se puede observar las actividades del proceso de reparación de ruedas en el caso específico del tren principal de un Airbus A'320, en el cual se detallan los tiempos de dichas actividades

**Tabla 2:** Actividades del proceso de reparación de ruedas Airbus A-320 Principal

<b>AIRBUS A-320 PRINCIPAL</b>		
<b>N°</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>Tiempo (min)</b>
1	Entregar ruedas al Técnico	3
2	Desinflar llanta	1
3	Retirar rulimanes de la rueda	3
4	Despegar el caucho de la rueda	5
5	Preparar herramientas	1
6	Desensamblar la rueda	15
7	Lavar tambores	50
8	Solicitar inspección de NDT	1
9	Esperar la inspección de NDT	50
10	Limpiar y engrasar pernos	50
11	Inspeccionar los componentes en el taller de NDT	4
12	Entregar los componentes inspeccionados	2
13	Recibir orden de trabajo e identificar los componentes	1
14	Ensamblar la rueda	25
15	Solicitar materiales a bodega	1
16	Buscar materiales	15
17	Esperar materiales solicitados	30
18	Recibir los materiales	1
19	Continuar con el ensamble de la rueda	15
20	Inflar la rueda	10
21	Reabastecer de nitrógeno los cilindros	2
22	Esperar la recarga de los cilindros	20
23	Continuar con el inflado de la rueda	10
24	Lavar rulimanes	8
25	Inspeccionar los rulimanes y engrasar	20
26	Instalar los rulimanes en las ruedas	2
27	Solicitar cartón en Abastecimientos	1
28	Buscar cartón	3
29	Esperar la entrega de cartón	10
30	Recibir el cartón	1
31	Cortar los sellos de cartón	2
32	Sellar el eje de la rueda y pintar la línea de fe	1
33	Solicitar la inspección de la rueda	1
34	Esperar por la inspección de la rueda	30
35	Inspeccionar la rueda	4
36	Entregar la rueda al taller	2
37	Corregir la discrepancia reportada y colocar rueda en el	7
38	Trasladar rueda a la bodega	3
39	Firmar documentación	1
<b>TOTAL</b>		<b>411</b>

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

**Tabla 3: Caracterización del proceso de reparación de ruedas**

CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS						
					Código	LTE-593
					Versión:	1
					Página :	1
<b>Objetivo del proceso:</b>		Reparar y dar mantenimiento a las ruedas del tren de aterrizaje de los aviones de transporte de pasajeros de LATAM Ecuador				
<b>Alcance del proceso</b>	<b>Inicia con:</b>	Entrega de ruedas al técnico				
	<b>Termina con:</b>	Traslado de ruedas a la bodega				
<b>Líder del proceso</b>	<b>Nivel nacional</b>	Ing. David Arteaga				
	<b>Nivel Sede/filial</b>	Alex Calderón				
Desarrollo del proceso						
Proveedor	Entrada	Etapas/subprocesos	P-H-V-A	Salida	Usuario	
Aeronave	ruedas con fallas o defectos	Entregar ruedas al Técnico Desinflar llanta Retirar rullmanes de la rueda Despegar el caucho de la rueda Preparar herramientas Desensamblar la rueda Remover pesas Lavar tambores Solicitar inspección de NDT	TPM	Informe de Inspección NDT	Técnicos del taller	
Técnicos del taller	Informe de Inspección NDT	Limpiar y engrasar pernos Inspeccionar los componentes en el taller de NDT Entregar los componentes inspeccionados Recibir orden de trabajo e identificar los componentes Ensamblar la rueda Solicitar materiales a bodega Buscar materiales Esperar materiales solicitados Recibir los materiales Continuar con el ensamble de la rueda Inflar la rueda Reabastecer de nitrógeno los cilindros Esperar la recarga de los cilindros Continuar con el inflado de la rueda Balancear rueda Lavar rullmanes Inspeccionar los rullmanes y engrasar Instalar los rullmanes en las ruedas	TPM	Inspección final de las ruedas	Técnicos del taller	
Técnicos del taller	Informe final de Inspección de las ruedas	Solicitar cartón en Abastecimientos Buscar cartón Esperar la entrega de cartón Recibir el cartón Cortar los sellos de cartón Sellar el eje de la rueda y pintar la línea de fe Solicitar la inspección de la rueda Esperar por la inspección de la rueda Inspeccionar la rueda Entregar la rueda al taller Corregir la discrepancia reportada y colocar rueda en el área de almacenaje Trasladar rueda a la bodega Firmar documentación	TPM	Ruedas revisadas y reparadas	Aeronave	
Posibles procedimientos asociados						
Nombre del procedimiento	Descripción (en que consiste)					
Mantenimiento de tren de aterrizaje	Dar mantenimiento a todos los componentes del tren de aterrizaje					
Mantenimiento de amortiguadores	Revisión, mantenimiento y cambio de amortiguadores					
Indicadores de Gestión						
Aspecto clave a medir	Porque sería importantes de medir					
Libras de aire en la rueda	Para cumplir con parámetros y estándares técnicos de presión de la aeronave y evitar siniestros y/o accidentes					
Rullmanes y pernos en la rueda	Por el deterioro y/o desgaste de dichos componentes					
TPM de los neumáticos	a. Instrucciones de mantenimiento y reparación del constructor de neumáticos (obtenible del constructor de neumáticos). b. AC 65-15A, "Airframe and Powerplant Mechanics Airframe Handbook" (FAA de los EE.UU. de Norteamérica). c. AC 121.195 (d)-1, "Alternate Operational Landing Distance for Wet Runways; Turbojet Powered Transport Category Airplanes" (FAA de los EE.UU. de Norteamérica). d. Order 8110.8, "Engineering Flight Test Guide for Transport Category Airplanes" (FAA de los EE.UU. de Norteamérica).					
Riesgos asociados al proceso						
Nombre riesgo	Descripción (en que consiste)					
Corregir la discrepancia reportada	Calibrar acorde a parámetros técnicos de la aeronave como peso y velocidad					
Retirar rullmanes de la rueda	Revisar y/o cambiar los rullmanes deteriorados					
Limpiar y engrasar pernos	Revisar, limpiar, engrasar y cambiar los pernos aislados o deteriorados					
Inspeccionar los componentes en el taller de NDT	Realizar la inspección visual y con equipos de medición las ruedas en mantenimiento					

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

En la Tabla 3 se observa la caracterización de procesos y se puede concluir que todas las actividades son prioritarias y forman parte de la cadena de valor del taller de mantenimiento de ruedas; puesto que la consigna es cero errores, por que se podría causar una catástrofe por en los aviones se transportan seres humanos: por ello la importancia de realizar el proceso correctamente y tener la infraestructura, ambiente y diseño adecuado del taller para el mejor desempeños de los técnicos del taller.

### **Procesamiento y análisis de la información**

Por lo expuesto en el plan de recolección de información y el plan de procesamiento de información se realiza el siguiente análisis.

En el Anexo N° 1, se puede visualizar el formato del cuestionario dirigido al personal operativo del Taller de ruedas LATAM Ecuador, acorde a la norma NTP 283 (Encuestas metodología para su utilización)

La encuesta fue estructurada por un cuestionario de 10 preguntas.

### **Análisis de resultados**

**Objetivo:** Recolectar información acerca del actual diseño de planta y los procesos operativos del Taller de ruedas LATAM Ecuador

A continuación, se detallan las preguntas realizadas, la tabulación de las respuestas, la representación gráfica y el análisis e interpretación de cada una de ellas.

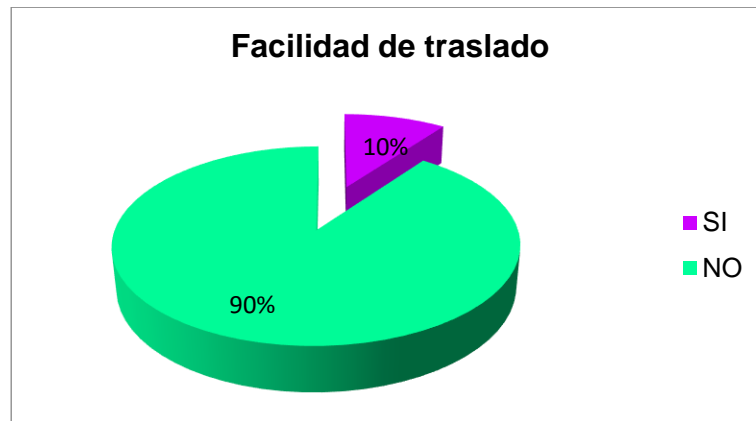
1. ¿Existe la facilidad para trasladarse de un lugar a otro dentro del Taller de ruedas LATAM Ecuador?

**Tabla 4:** Facilidad de traslado

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	1	10%
No	9	90%
Total	10	100%

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)



**Gráfico 1:** Facilidad de traslado

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

## **Análisis**

Como se puede observar en la Tabla 4 y Gráfico 1, el 90% de los encuestados considera que no existe la facilidad para trasladarse de un lugar a otro dentro de la planta de producción, el 10% restante considera que si hay esa facilidad

## **Interpretación**

De los resultados obtenidos a los operarios del taller de ruedas, consideran que se debería tomar en cuenta una distribución de máquinas para una mejor circulación de los operarios y evitar de esta manera el tráfico cruzado.

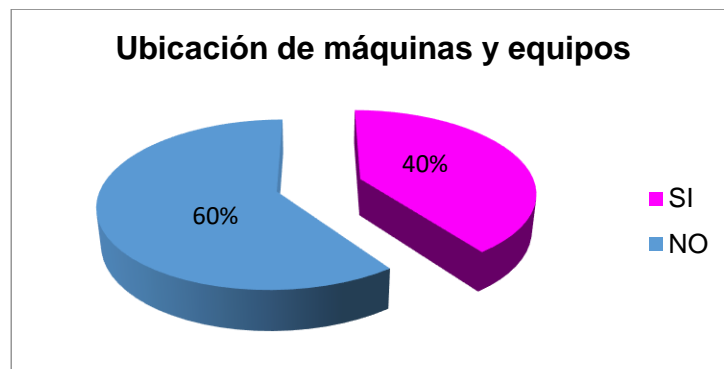
2. ¿Considera usted que las máquinas y equipos se encuentran ubicadas adecuadamente dentro del taller de ruedas?

**Tabla 5:** Ubicación de máquinas y equipos

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	4	40%
No	6	60%
Total	10	100%

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)



**Gráfico 2:** Ubicación de máquinas y equipos

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

### Análisis

Como se puede observar en la Tabla 5 y Gráfico 2, el 40% de los encuestados manifiesta que las máquinas y equipos si se encuentran ubicadas adecuadamente dentro del taller de ruedas; mientras que el 60% considera que no están bien ubicadas.

### Interpretación

Mediante este estudio se llegó a la conclusión que debe existir una debida distribución para que se evite los tráficós cruzados al interior del taller de ruedas de LATAM Ecuador.

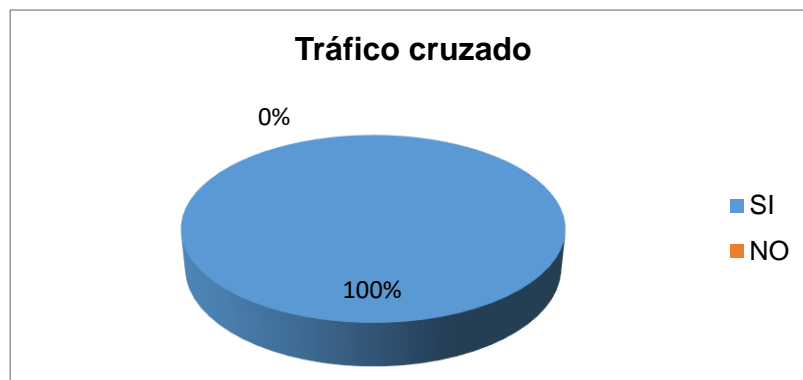
3. ¿A su criterio existe tráfico cruzado al momento de trasladarse de un área a otra dentro del taller de ruedas?

**Tabla 6:** Tráfico cruzado

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	10	100%
No	0	0%
Total	10	100%

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)



**Gráfico 3:** Tráfico cruzado

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

## Análisis

Como se puede observar en la Tabla 6 y Gráfico 3, el 100% de encuestados opinan que existe tráfico cruzado al momento de trasladarse de un área a otra dentro del taller de ruedas.

## Interpretación

Al distribuir espacios dentro de los talleres y darle el orden necesario a los mismos, se optimizan los espacios y los trabajadores del taller van a emplear menos tiempo en realizar sus actividades de mantenimiento por cuanto se eliminaría el tráfico cruzando y disminuirían los tiempos del proceso.

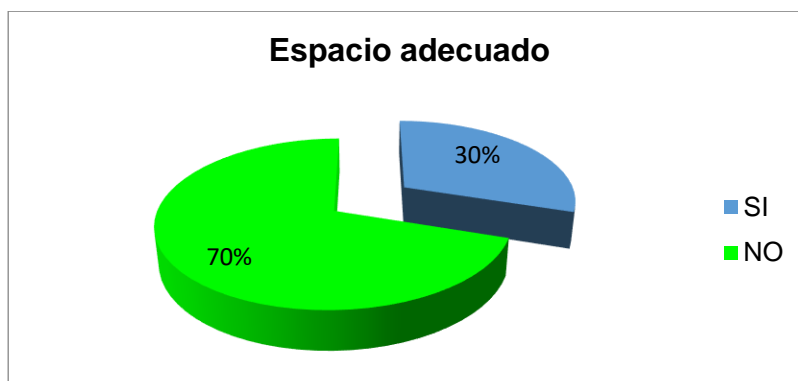
4. ¿Considera usted de que existe el suficiente espacio para realizar sus tareas dentro del taller de ruedas?

**Tabla 7:** Espacio adecuado

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	3	30%
No	7	70%
Total	10	100%

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)



**Gráfico 4:** Espacio adecuado

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

## Análisis

Como se puede observar en la Tabla 7 y Gráfico 4, el 70% de encuestados consideran que no existe el suficiente espacio para realizar sus tareas dentro de la planta de producción; mientras que el restante 30% considera de que si existe espacio.

## Interpretación

De acuerdo a la información que se obtuvo en esta encuesta se llegó a la conclusión de que se debe aprovechar de mejor manera espacio existente en el taller de ruedas de LATAM Ecuador.

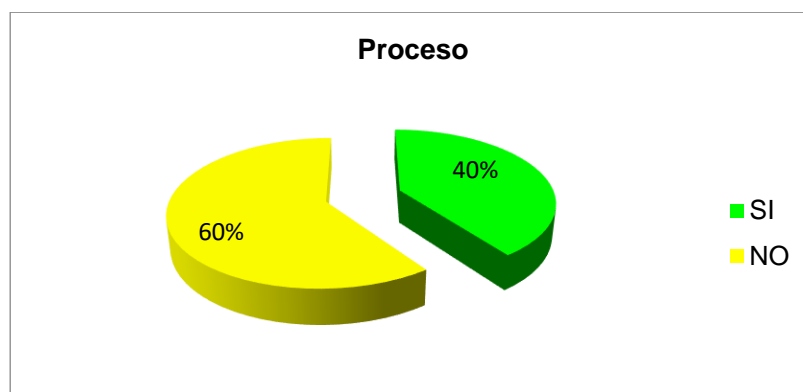
5. ¿El proceso que Ud. realiza se encuentra en el lugar adecuado dentro de la planta de producción?

**Tabla 8:** Proceso

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	4	40%
No	6	60%
Total	10	100%

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)



**Gráfico 5:** Proceso

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

## **Análisis**

Como se puede observar en la Tabla 8 y Gráfico 5, del total de encuestas aplicadas se observó que un 60% de los empleados consideran el proceso que realizan no se encuentra en el lugar adecuado dentro del taller de ruedas; mientras que el restante 40% opina que sí.

## **Interpretación**

Muy importante tomar en consideración cada uno de los procesos existentes en el taller de ruedas; especialmente los operativos, los cuales deben estar ubicados en forma secuencial para evitar tiempo de demora.



6. ¿Cree usted que aumentaría la productividad si los procesos estuvieran diseñados técnicamente?

**Tabla 9:** Productividad

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	9	90%
No	1	10%
Total	10	100%

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)



**Gráfico 6:** Productividad

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

## Análisis

Como se puede observar en la Tabla 9 y Gráfico 6, del total del personal operativo encuestados el 90% consideran que si aumentaría la productividad si los procesos estuvieran diseñados técnicamente, el restante 10% manifiestan que no se incrementaría la productividad

## Interpretación

Se concluye que los procesos bien diseñados, tomando en consideración todos sus elementos, ayudan a que la productividad de la empresa se incremente, pues al tener orden se evita el desperdicio de recursos y su uso más adecuado.

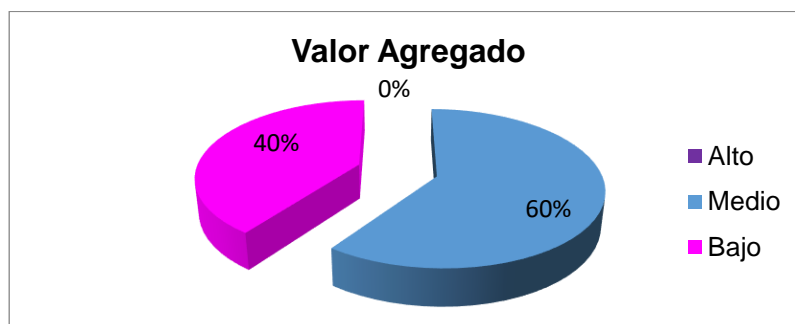
7. ¿Cómo calificaría el valor agregado que generan los procesos operativos en el taller de ruedas de LATAM Ecuador en la actualidad?

**Tabla 10:** Valor Agregado

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Alto	0	0%
Medio	6	60%
Bajo	4	40%
Total	10	100%

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)



**Gráfico 7:** Valor Agregado

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

## Análisis

Como se puede observar en la Tabla 10 y Gráfico 7, el 60% de los encuestados consideran que el valor agregado que generan los procesos operativos del taller de ruedas en la actualidad es medio; el 40% restante considera que es bajo.

## Interpretación

El éxito del mejoramiento de la productividad en las industrias japonesas y otros tantos países, deriva del concepto de valor agregado, el cual, por ejemplo, explica cómo lograr que las ganancias en el valor agregado y la productividad sean mayores mediante la cooperación mutua entre los cuadros directivos y los trabajadores.

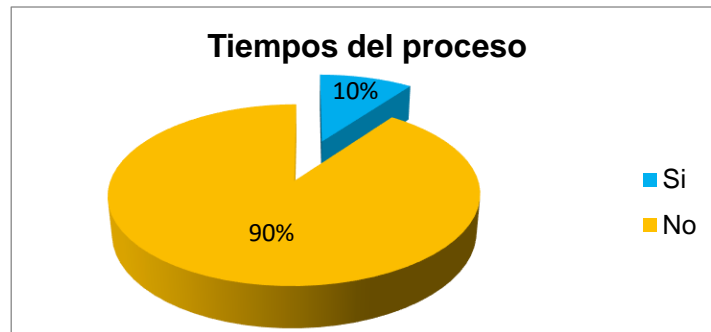
8. ¿Los tiempos del proceso operativo actual a su criterio son los más adecuados?

**Tabla 11:** Tiempos del proceso

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	1	10%
No	9	90%
Total	10	100%

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)



**Gráfico 8:** Tiempos del proceso

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

## **Análisis**

Como se puede observar en la Tabla 11 y Gráfico 8, el 50% de los encuestados manifiestan que los tiempos del proceso operativo del taller de ruedas a su criterio son bajos, otro 50%, considera que dichos tiempos son medios.

## **Interpretación**

Por simple percepción a veces se obvian muchas situaciones que intervienen en un proceso productivo y se consideran tiempo que pueden ser altos técnicamente, pero para el operario es medio; de ahí que se debe determinar los tiempos de los procesos en escenarios normales de operación.

9. ¿Considera usted que sea necesario la redistribución de planta en el taller de ruedas de LATAM Ecuador para optimizar los procesos operativos?

**Tabla 12:** Redistribución de planta

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	10	100%
No	0	0%
Total	10	100%

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)



**Gráfico 9:** Redistribución de planta

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

### **Análisis**

Como se puede observar en la Tabla 12 y Gráfico 9, el 100% de encuestados si considera necesario la redistribución de planta en el taller de ruedas de LATAM Ecuador para optimizar los procesos operativos.

### **Interpretación**

El diseño y distribución en planta es el que determina la ordenación de los medios productivos. Realizar dicha ordenación de manera adecuada y eficiente no es algo fácil de llevar a cabo debido al gran número de factores que hay que considerar; es evidente que la forma de ordenar los medios operativos influye en la concepción de la instalación, en los medios de mantenimiento y almacenamiento a emplear.

10. ¿Considera que una nueva organización de la planta le brindaría beneficios para el trabajo diario?

**Tabla 13:** Organización de planta

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	10	100%
No	0	0%
Total	10	100%

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)



**Gráfico 10:** Organización de planta

**Fuente:** Encuestas

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

## Análisis

Como se puede observar en la Tabla 13 y Gráfico 10, el 100% de los encuestados consideran que una nueva organización de la planta si le brindaría beneficios para el trabajo diario.

## Interpretación

Al organizar la planta, se controla automáticamente los procesos y procedimientos existentes en el taller de ruedas, delineando las actividades que se deben realizar acorde a la organización y distribución de equipos, máquinas y puestos de trabajo.

**Entrevista a:** jefe de Taller de LATAM Ecuador

**Objetivo:** Estudiar la distribución en planta y su incidencia en los procesos operativos del taller de ruedas de LATAM Ecuador.

1. ¿Considera usted que el personal que labora en los talleres conoce y realiza los procesos de una manera adecuada y controlada?

Si conocen los procesos, pero no los realizan de forma adecuada y eficiente.

2. ¿Cuál es la distribución actual con la que funciona la planta?

Ninguna distribución.

3. ¿Por qué es necesaria una adecuada distribución de la planta?

Porque nos servirá para mejorar nuestros tiempos de entrega, los procesos productivos.

4. ¿Cuál piensa que sería la causa principal para el retraso en la entrega del trabajo terminado?

La falta de coordinación y un mal proceso de trabajo.

5. ¿Qué beneficios se obtendría al realizar una adecuada distribución de la planta?

Disminución de tiempo de trabajo, mejorar el entorno de trabajo, optimización de los recursos y mejorar la calidad del trabajo.

## Análisis de la Entrevista

El jefe de taller de LATAM Ecuador se siente convencido del problema existente en la empresa; es decir la desorganización en la actual distribución de planta y apoya la redistribución de la planta en el taller de ruedas acorde a criterios técnicos y enfocados a las áreas de trabajo y al proceso operativo actual.

Redistribución del taller de ruedas LATAM Ecuador aplicando la metodología SLP (System Layout Planning)

### 1. Diagrama desde hacia

El primer paso en la etapa de análisis consiste en realizar el diagrama desde hacia, tal como se lo puede observar en el Gráfico 11.

DESDE		PARA							
	HACIA	1	2	3	4	5	6	7	8
1		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Gráfico 11:** Diagrama Desde-Hacia  
**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

## Identificación y análisis de actividades generadoras de valor (AVA)

El análisis de valor agregado es una herramienta que permite analizar cada una de las actividades del proceso a partir de dos dimensiones:

- Agrega o no valor al proceso
- Es o no necesaria en el proceso

Para determinar si una actividad agrega valor al proceso se partió del análisis de las actividades definidas en los diagramas de flujo funcional y posterior a ello plasmar la información en el cuadro de Análisis de Valor Agregado- I AVA (Tabla 14).

Una vez obtenido los resultados del AVA, se encontró la siguiente información:

**Tabla 14:** Resultados del AVA del proceso actual

COMPOSICIÓN DE ACTIVIDADES	AIRBUS				EMBRAER 170/190				ATR 42 500			
	NARIZ		PRINCIPAL		NARIZ		PRINCIPAL		NARIZ		PRINCIPAL	
	Tiempo	%	Tiempo	%	Tiempo	%	Tiempo	%	Tiempo	%	Tiempo	%
(1) Valor Agregado Cliente	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
(2) Valor Agregado Empresa	101	31,3%	196	47,60%	82	22,3%	210	39,92%	39	11,7%	84	22,64%
(3) Preparación	8	2,5%	9	2,18%	8	2,2%	9	1,71%	6	1,8%	9	2,42%
(4) Demora	145	45%	147	35,8%	215	58%	218	41,4%	122	37%	213	57,4%
(5) Transporte	50	15%	30	7,29%	34	9%	36	6,84%	35	11%	36	9,70%
(6) Control	18	5,6%	28	6,81%	28	7,6%	52	9,88%	129	38,9%	28	7,54%
(7) Archivo	1	0,30%	1	0,24%	1	0,27%	1	0,19%	1	0,30%	1	0,26%
(8) TOTAL =	323	100%	411	100%	368	100%	526	100%	332	100%	371	100%
(9) TIEMPO DE VALOR AGREGADO =	101		196		82		210		39	0	84	
(10) ÍNDICE DE VALOR AGREGADO =	31,3%		47,60%		22,3%		39,92%		11,7%		22,64%	

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)



### Área de Estudio.

En la Tabla 15, se determinó el área de estudio de la investigación.

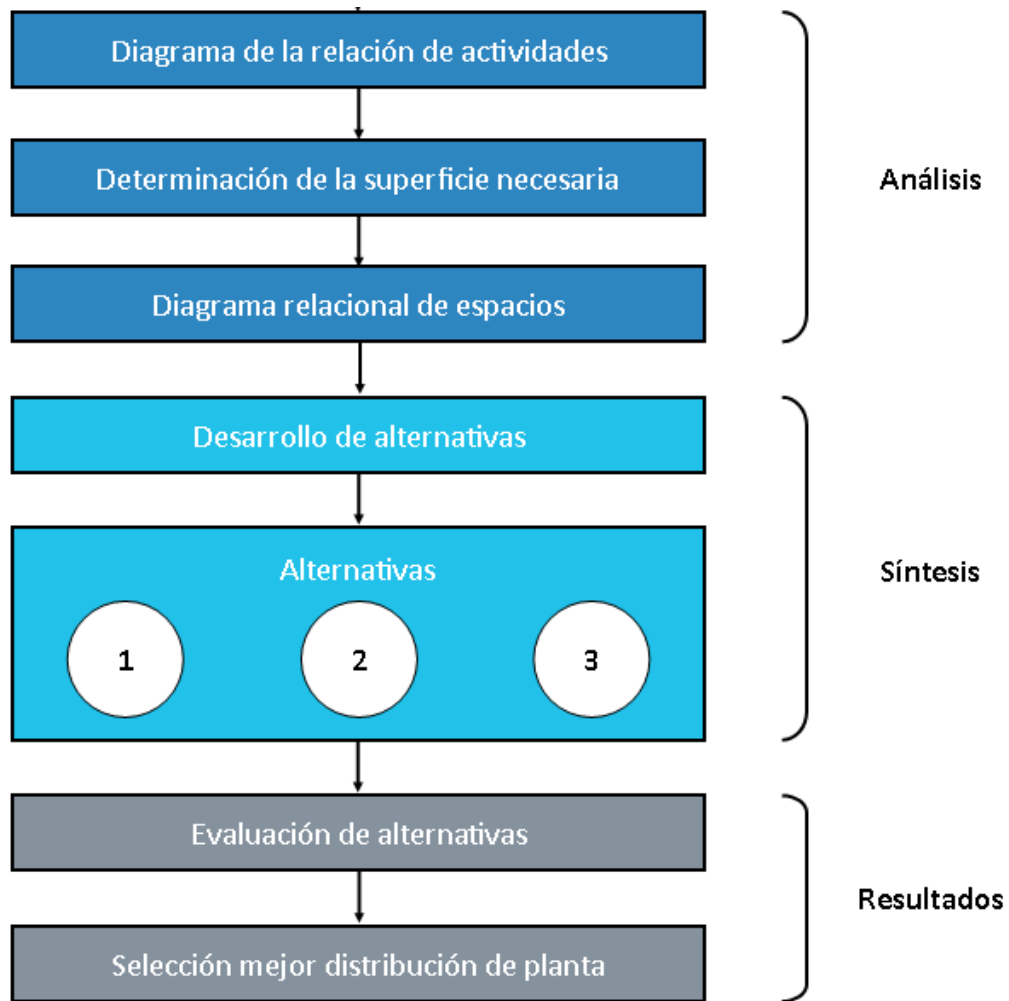
**Tabla 15.** Área de Estudio.

Dominio	Sociedad y Empresa
Línea de Investigación	Empresarialidad y Productividad
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Redistribución de planta
Aspecto	Taller de ruedas LATAM Ecuador
Objeto de Estudio	Redistribución de planta del Taller de ruedas LATAM Ecuador
Período de Análisis	Segundo semestre del año 2021

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

### Modelo Operativo.

En el Gráfico 12, se determina el modelo operativo a seguir en esta investigación:



**Gráfico 12.** Modelo Operativo.  
**Fuente:** Teneda. E (2021)

## Desarrollo del Modelo Operativo

### Análisis de flujo de materiales (Servicio)

Según la metodología Systematic Layout Planning (SLP), el análisis de flujo de materiales es la primera etapa en la planificación de la distribución de la planta se toma en consideración el material que fluye durante todo el proceso de mantenimiento de ruedas y se lo desarrolla a través del Diagrama Desde-Hasta (Centro Europeo de Empresas Innovadoras, 2008).

## **Diagrama de relación de actividades**

El diagrama de relación de actividades o triangular muestra los departamentos y la relación entre ellos en base a escalas de valoración de relaciones y proximidades; la metodología del diagrama es la siguiente (Salinas y Angelo 2019):

- Enlistar todos los departamentos para la distribución de la planta.
- Determinar los criterios de valoración a emplearse.
- Llenar el diagrama.

## **Determinación de la superficie necesaria**

La Superficie total ( $S_t$ ) se calcula en base a la ecuación que se indica a continuación (Muther, 1970):

$$S_t = S_s + S_g + S_e$$

**Ecuación 1.** Superficie necesaria de una planta industrial.

**Fuente:** (Avilés Avilés 2019).

Dónde:

$S_s$ : Superficie estática (proyección en planta de la maquinaria o instalación).

$S_g$ : Superficie de gravitación (zona utilizada por el obrero, el material a elaborar y el elaborado en la operación).

$S_e$ : Superficie de evolución (pasillos para desplazamiento del personal y de los materiales).

## **Diagrama relacional de espacios**

El diagrama de relación de espacios busca una imagen visual de los datos recogidos y de los cálculos o análisis establecidos; es preciso traducir la tabla de las informaciones que muestra la secuencia de las actividades y la importancia relativa de la proximidad de cada una de ellas con respecto a la otra (Richard Muther & Associates, Inc., 1968).

## **Desarrollo de alternativas**

Se procedió a establecer tres alternativas para la distribución del taller de ruedas LATAM Ecuador, en cada una de ellas se determinó los siguientes factores (Muther, 1970):

- Adyacencia de departamentos (Diagrama de actividades o triangular).
- Forma de los departamentos (Coeficiente de forma de departamentos [F]).
- Costo de manejo de materiales (Distancias, costo de manejo entre departamento o área)

## **Evaluación de alternativas**

Una vez desarrollas las alternativas, se procede a seleccionar una de ellas mediante la evaluación de las propuestas considerando el criterio y experiencia del evaluador garantizando que la alternativa seleccionada sea la mejor distribución en planta en función de los siguientes criterios (Fernández, S/A):

- a) Comparación de ventajas y desventajas
- b) Análisis de factores ponderados
- c) Comparación de costos
- d) Otros

## **Selección mejor distribución del taller**

Finalmente, luego de realizada la evaluación en base a los resultados obtenidos se escoge la que presenta una eficiencia del 100% en el factor que mayor peso tiene, que es la de adyacencia de departamentos.

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

#### **Presentación de la propuesta**

El interés de la presente propuesta se centra en la reducción de tiempos de trabajo para optimizar el recurso y mejorar la productividad del Taller de ruedas de LATAM Ecuador, buscando situar al taller en los primeros niveles de eficiencia, manteniendo el mismo nivel de calidad y garantía en sus reparaciones, para ello el trabajo se basa en la metodología SLP (System Layout Planning) para la redistribución de planta así como se sujeta a los criterios de evolución para diseño de plantas industriales.

La propuesta tiene vital importancia por cuanto busca mejorar la eficiencia de los procesos, así como la utilidad generada por la misma, brindando seguridad y ergonomía en cada una de sus estaciones para el desarrollo correcto del proceso de reparación de ruedas de avión. En la etapa de análisis se revisará el flujo de materiales, la relación entre actividades, se elaborará el diagrama de relaciones y se determinará el espacio requerido para cada departamento, además se verificará el espacio con que se cuenta para la nueva distribución.

Para obtener el dato de las áreas que van a ocupar los diferentes departamentos o áreas del taller de reparación de ruedas LATAM Ecuador, se hace necesario realizar el cálculo orientativo de espacios aplicando la metodología de Guerchet; Se procede a presentar las fórmulas a emplear de acuerdo a (Avilés Avilés 2019). Para determinar la superficie total (St) que se requiere (sin tener en cuenta el stock) se aplica la Ecuación 2:

$$St = Ss + Sg + Se$$

**Ecuación 2.** Superficie necesaria de una planta industrial.

**Fuente:** (Avilés Avilés 2019).

Dónde:

St: Superficie total.

Ss: Superficie estática (proyección en planta de la maquinaria o instalación).

Sg: Superficie de gravitación (zona utilizada por el obrero, el material a elaborar y el elaborado en la operación).

Se: Superficie de evolución (pasillos para desplazamiento del personal y de los materiales).

Para determinar la superficie estática (Ss), se aplica la Ecuación 2.

$$Ss = Largo \times Ancho$$

**Ecuación 2.** Determinación de la superficie estática.

**Fuente:** (Avilés Avilés 2019).

Para determinar la superficie gravitacional (Sg), se aplica la Ecuación 3.

$$Sg = Ss \times N$$

**Ecuación 3.** Determinación de la superficie gravitacional.

**Fuente:** (Avilés Avilés 2019).

Dónde:

Ss: Superficie estática.

N: Número de lados de la máquina en los que se desplaza el obrero.

Para determinar la superficie de evolución (Se), se aplica la Ecuación 4.

$$Se = (Ss + Sg)K$$

**Ecuación 4.** Determinación de la superficie de evolución.

**Fuente:** (Avilés Avilés 2019).

Dónde:

Ss: Superficie estática.

Sg: Superficie gravitacional

En la recepción de documentos por ejemplo se tiene:

$$S_s = \text{Largo} \times \text{Ancho}$$

$$S_s = 6\text{m} \times 6,2\text{m} = 37,22\text{m}^2$$

$$S_g = S_s \times N$$

$$S_g = 37,22\text{m}^2 \times 1 = 37,22\text{m}^2$$

$$S_e = (S_s + S_g)K$$

$$S_e = (37,22\text{m}^2 + 37,22\text{m}^2)0,75 = 55,83\text{m}^2$$

$$S_t = S_s + S_g + S_e$$

$$S_t = 37,22\text{ m}^2 + 37,22\text{m}^2 + 55,83\text{m}^2$$

$$S_t = 130,27\text{ m}^2$$

Estos valores y los resultados se los puede observar en la Tabla 16.

**Diagrama Desde hacia**

PRODUCTO	CANTIDAD
Ruedas de avión	16

DESDE		PARA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	RECEPCIÓN DE COMPONENTES	16	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	DESARMADO	.....	16	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	LIMPIEZA	.....	.....	16	.....	.....	.....	.....	.....
4	INSPECCIÓN DE COMPONENTES	.....	.....	.....	16	.....	.....	.....	.....
5	INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	.....	.....	.....	.....	16	.....	.....	.....
6	REPARACIONES	.....	.....	.....	.....	.....	16	.....	.....
7	ENSAMBLAJE	.....	.....	.....	.....	.....	.....	16	.....
8	INFLADO Y PRUEBAS	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	16

**Gráfico 13:** Diagrama desde hacia  
**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

**Análisis:** En el Gráfico 13, se puede observar que la relación que entre las áreas y equipos es primordial para que el proceso se ejecute y que el flujo del mismo se cumpla de forma ordenada y controlada.





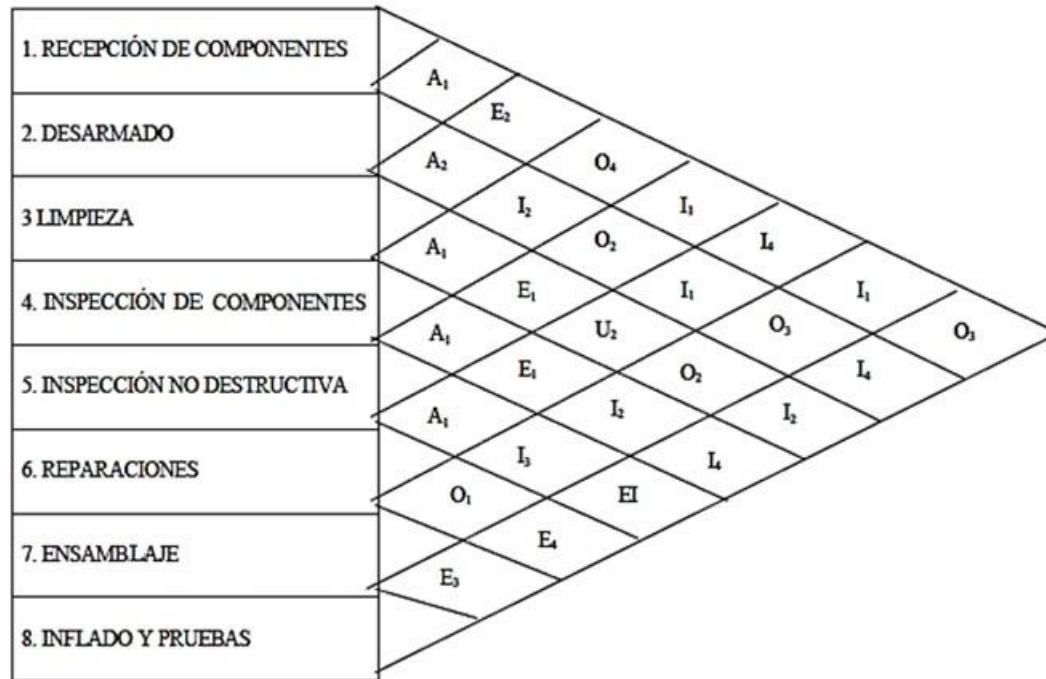
**Tabla 17:** Significados y fórmulas aplicadas en el cálculo de superficies

NOMENCLATURA		FORMULAS APLICADAS	
EBM	ESPACIO BASICO DE LA MAQUINA	SUPERFICIE TOTAL	
EOYM	ESPACIO DEL OPERADOR Y MANTENIMIENTO	$ST = S_s + S_g + S_e$	
ETEP	ESPACIO DE TRABAJO EN EL PROCESO	SUPERFICIE ESTATICA	
AAE	ALMACENAMIENTO DE AMORTIGUADOR DE ENTRADA	$S_s = EBM + EOYM + ETEP$	
AAS	ALMACENAMIENTO DE AMORTIGUADOR DE SALIDA	SUPERFICIE GRAVITACIONAL	
DDR	DESPERDICIO DESECHOS Y REPROCESOS	$S_g = S_s * N$	
HAT	HERRAMIENTAS TROQUELES Y ACCESORIOS	SUPERFICIE DE EVOLUCION	
SMM	SUMINISTROS Y MATERIALES DE MTTO	$S_e = (S_s + S_g) * K (ETEP)$	
N	NUMERO DE LADOS DE LA MAQUINA DONDE SE DESPLAZA EL OBRERO	ESPACIO DE ORDENADOR Y MTTO	
Sg	SUPERFICIE DE GRAVITACION	$ETEP = AAE + AAS + DDR + HAT + SMM$	
Ss	SUPERFICIE ESTATICA		
Se	SUPERFICIE DE EVOLUCION		
K	CONSTANTE RAZON DE LA EMPRESA		
St	LA SUPERFICI TOTAL		
L	LARGO		
A	ANCHO		
AM	AREA DE MANTENIEMTO		
AO	AREA DEL OPERADOR		
LAM	LARGO AREA DE MANTENIMIENTO		
AAO	LARGO AREA DEL OPERADOR		

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

En la tabla 17, se puede observar la nomenclatura y las fórmulas aplicadas en el cálculo de superficies







Para realizar el análisis de la relación entre actividades se elaboró el diagrama que lleva el mismo nombre, el cual indica la interacción entre las áreas y equipos del taller de ruedas LATAM Ecuador, para llenar dicho diagrama se preguntó al jefe mantenimiento, el resultado se lo puede observar en el Gráfico 14.



LETRA	PONDERACION
A	ABSOLUTAMENTE IMPORTANTE
E	ESENCIALMENTE IMPORTANTE
I	IMPORTANTE
O	IMPORTANCIA ORDINARIA
U	NO ASIGNA IMPORTANCIA
X	NO ASIGNA IMPORTANCIA ALGUNA
N.º	RAZON
1	GRAN FLUJO DE MATERIALES
2	CONTACTO NO FRECUENTE
3	CONTACTO FRECUENTE
4	SUPERVISION

**Gráfico 14:** Relación de áreas alternativa 1  
**Elaborado por:** A. Calderón (2022)

**Tabla 18:** Valores y porcentajes de adyacencia alternativa 1

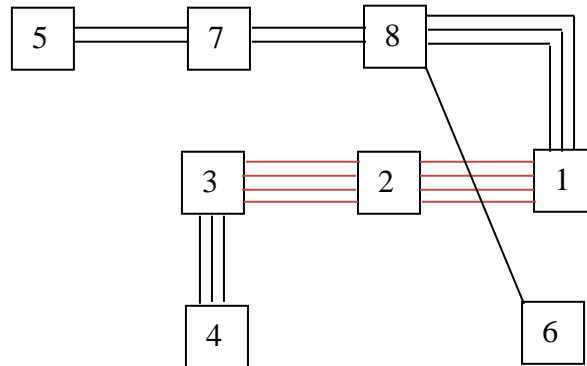
SIMBOLOGIA	LETRA	PONDERACION	No. Total	NO. ADYAC.	% Cumplimiento		RESULTADO
	A	Absolutamente Importante	5	3	60,00	243	729
	E	Especialmente Importante	6	2	33,33	81	162
	I	Importante	10	3	30,00	27	81
	O	Importancia Ordinaria Común	6	2	33,33	9	18
	U	No Tiene Importancia	1	1	100,00	3	3
	X	Indeseable	0	0	0,00	-243	0
		TOTAL	28	11		TOTAL	993

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

### Análisis

En la Tabla 18 se obtuvo como resultado que la adyacencia que existe entre cada uno de los departamentos del taller de ruedas es 993, resultado que permite concluir que la adyacencia entre cada uno de los departamentos es muy adecuada, puesto que cumple con la mayoría de adyacencias.

### Diagrama de relación de adyacencia alternativa 1



**Gráfico 15:** Relación de adyacencia alternativa 1  
**Elaborado por:** A. Calderón (2022)

En el Gráfico 15 se determinó la relación de adyacencia que existe entre cada uno de las áreas y equipos del taller de ruedas, realizando con ello el diagrama de actividades y establecer la adyacencia de cada una de dichas áreas.

### Diagrama de relaciones de actividades alternativa 1

RECEPCIÓN DE COMPONENTES		DESARMADO		LIMPIEZA
INSPECCIÓN DE COMPONENTES	INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	REPARACIONES	ENSAMBLAJE	INFLADO Y PRUEBAS

**Gráfico 16:** Relación de actividades alternativa 1  
**Elaborado por:** A. Calderón (2022)

En el Gráfico 16 de relación de actividades se estableció la ubicación en la que deben ir cada una de los equipos y departamentos para cumplir con el mayor número de adyacencias posibles.

**Tabla 19: Forma de los departamentos alternativa 1**

DEPARTAMENTOS	AREA	LARGO	ANCHO	PERIMETRO	F	CUMPLE
RECEPCIÓN DE COMPONENTES	130,27	11,00	11,40	44,80	0,98	SI
DESARMADO	248,05	15,70	15,70	62,80	1,00	SI
LIMPIEZA	445,75	21,00	21,00	84,00	0,99	SI
INSPECCIÓN DE COMPONENTES	126,13	11,20	11,20	44,80	1,00	SI
INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	106,22	10,30	10,30	41,20	1,00	SI
REPARACIONES	164,56	12,80	12,80	51,20	1,00	SI
ENSAMBLAJE	106,22	10,30	10,30	41,20	1,00	SI
INFLADO Y PRUEBAS	457,34	21,30	21,30	85,20	1,00	SI

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

### Análisis

En la Tabla 19 se determinó si los departamentos cumplen con la forma es decir  $\leq 1$ ; si la forma del departamento es  $> 1$  no cumple con la forma, en la situación propuesta de la alternativa 1 del taller de ruedas LATAM Ecuador, la forma de los departamentos cumplen con el 100% de la forma de cada uno de sus departamentos.

**Tabla 20: Análisis de costo alternativa 1**

COSTO TOTAL ALTERNATIVA 1										
NÚMERO	DEPARTAMENTO	CORDENADAS		DEPARTAMENTO	CORDENADAS		d	CI	f	ct
		X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>		X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	DISTANCIA	COSTO TOTAL	FLUJO ENTRE DEPARTAMENTOS	
1	RECEPCIÓN DE COMPONENTES	8	31	RECEPCIÓN DE COMPONENTES	15	30	7,07	6,50	16	735,39
2	DESARMADO	10	23	DESARMADO	19	31	12,04	6,50	16	1.252,33
3	LIMPIEZA	15	22	LIMPIEZA	16	21	1,41	6,50	16	147,08
4	INSPECCIÓN DE COMPONENTES	12	18	INSPECCIÓN DE COMPONENTES	12	19	1,00	6,50	16	104,00
5	INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	9	18	INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	20	23	12,08	6,50	16	1.256,64
6	REPARACIONES	14	26	REPARACIONES	12	22	4,47	6,50	16	465,10
7	ENSAMBLAJE	14	22	ENSAMBLAJE	15	21	1,41	6,50	16	147,08
8	INFLADO Y PRUEBAS	8	20	INFLADO Y PRUEBAS	19	20	11,00	6,50	0	-
<b>CT( COSTO TOTAL)</b>										<b>4.107,61</b>

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

El costo que se manejaría en la alternativa 1 (Tabla 20), es de \$ 4107,6, que es inferior al que actualmente se maneja en el taller de ruedas LATAM Ecuador.

**Tabla 21: Análisis de alternativa 1**

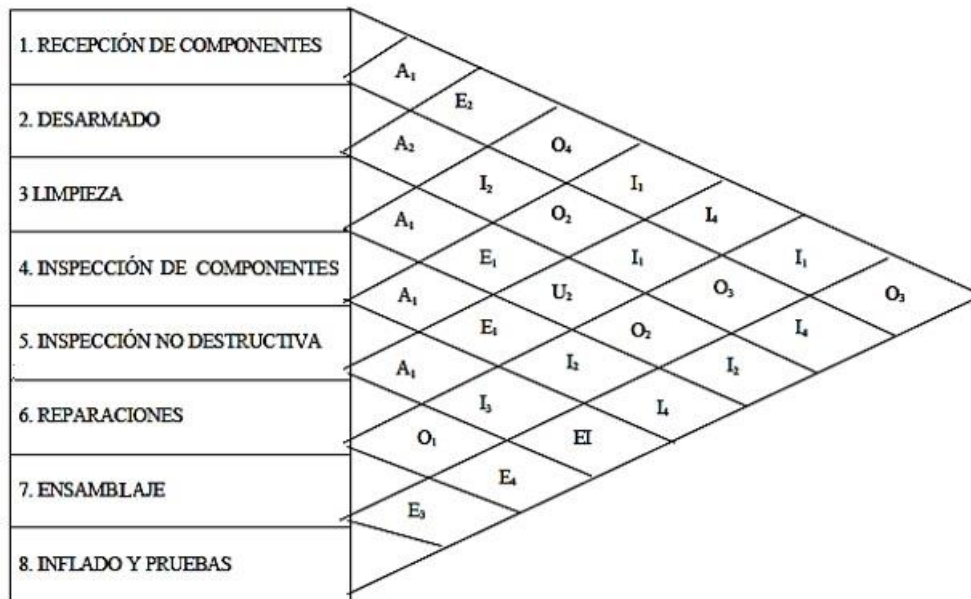
NÚMERO	DENOMINACIÓN	ADYACENCIA	FORMA	COSTO
1	ALTERNATIVA 1	993	100%	4107,6

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

Luego de haber realizado el estudio de la propuesta alternativa 1, se determinó que la adyacencia es de 993, la forma de los departamentos es del 100% y el costo por manejar el taller de ruedas es de \$ 4107,6 (Tabla 21). La distribución se la puede observar en el Anexo 4.

## Análisis de relación de áreas alternativa 2

Para realizar el análisis de la relación entre actividades se elaboró el diagrama que lleva el mismo nombre, el cual indica la interacción entre las áreas y equipos del taller de ruedas LATAM Ecuador, para llenar dicho diagrama se preguntó al jefe mantenimiento, el resultado se lo puede observar en el Gráfico 17.



LETRA	PONDERACION
A	ABSOLUTAMENTE IMPORTANTE
E	ESENCIALMENTE IMPORTANTE
I	IMPORTANTE
O	IMPORTANCIA ORDINARIA
U	NO ASIGNA IMPORTANCIA
X	NO ASIGNA IMPORTANCIA ALGUNA
Nº	RAZON
1	GRAN FLUJO DE MATERIALES
2	CONTACTO NO FRECUENTE
3	CONTACTO FRECUENTE
4	SUPERVISION

**Gráfico 17:** Relación de áreas alternativa 2  
**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)



**Tabla 22:** Valores y porcentajes de adyacencia alternativa 2

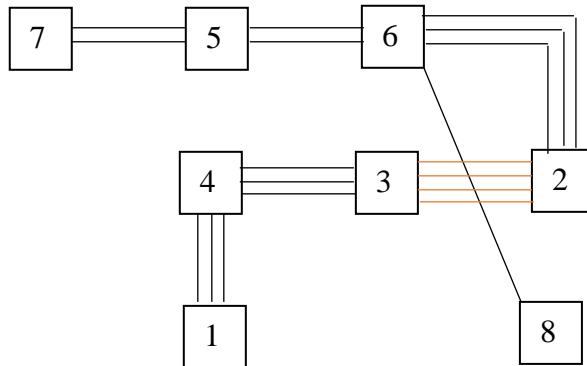
SIMBOLOGIA	LETRA	PONDERACION	No. Total	NO. ADYAC.	% Cumplimiento		RESULTADO
	A	Absolutamente Importante	2	1	50,00	243	243
	E	Especialmente Importante	6	3	50,00	81	243
	I	Importante	13	8	61,54	27	216
	O	Importancia Ordinaria Común	2	1	50,00	9	9
	U	No Tiene Importancia	5	2	40,00	3	6
	X	Indeseable	0	0	0,00	-243	0
		TOTAL	28	15		TOTAL	717

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

### Análisis

En la Tabla 22 se obtuvo como resultado que la adyacencia que existe entre cada uno de los departamentos es 717 resultado que permite concluir que la adyacencia entre cada uno de los departamentos no es muy adecuada, debido a que no cumple con la mayoría de adyacencias.

### Diagrama de relación de adyacencia



**Gráfico 18:** Relación de adyacencias alternativa 2

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

En el Gráfico 18, se determinó la relación de adyacencia que existe entre cada uno de los departamentos del taller de ruedas, con ello realizar el diagrama de actividades y así poder establecer la adyacencia de cada una de las áreas.

### Diagrama de relaciones de actividades alternativa 2

RECEPCIÓN DE COMPONENTES		DESARMADO		INSPECCIÓN DE COMPONENTES
LIMPIEZA	INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	REPARACIONES	ENSAMBLE	INFLADO Y PRUEBAS

**Gráfico 19:** Relación de actividades alternativa 2

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

En el Gráfico 19 de relación de actividades se estableció la ubicación en la que deberían ir cada uno de los departamentos para cumplir con el mayor número de adyacencias posibles.

**Tabla 23: Forma de los departamentos alternativa 2**

DEPARTAMENTOS	AREA	LARGO	ANCHO	PERIMETRO	F	CUMPLE
RECEPCIÓN DE COMPONENTES	130,27	12,00	10,80	45,60	1,00	SI
DESARMADO	248,05	15,40	16,00	62,80	1,00	SI
LIMPIEZA	445,75	21,00	21,30	84,60	1,00	NO
INSPECCIÓN DE COMPONENTES	126,13	12,00	10,60	45,20	1,01	NO
INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	106,22	10,00	10,60	41,20	1,00	SI
REPARACIONES	164,56	12,80	12,80	51,20	1,00	SI
ENSAMBLAJE	106,22	12,00	8,83	41,66	1,01	NO
INFLADO Y PRUEBAS	457,34	20,00	22,50	85,00	0,99	SI

**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

En la Tabla 23 se comprobó si los departamentos cumplen con la forma es decir  $<1$  si la forma del departamento es  $> 1$  no cumple con la forma, en la situación propuesta de la alternativa 2 del taller de ruedas LATAM Ecuador la forma de los departamentos cumplen con el 62,5% de la forma (F), que se calcula dividiendo el perímetro para el producto de la constante K por la raíz cuadrada del área de cada uno de sus departamentos.

**Tabla 24: Análisis de costo alternativa 2**

COSTO TOTAL ALTERNATIVA 2											
NÚMERO	DEPARTAMENTO	CORDENADAS		DEPARTAMENTO	CORDENADAS		d	Cl	f	ct	
		X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>		X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>					
1	RECEPCIÓN DE COMPONENTES	10	32	RECEPCIÓN DE COMPONENTES	16	32	6,00	6,50	16	624,00	
2	DESARMADO	12	27	DESARMADO	18	34	9,22	6,50	16	958,83	
3	LIMPIEZA	14	20	LIMPIEZA	12	26	6,32	6,50	16	657,75	
4	INSPECCIÓN DE COMPONENTES	10	26	INSPECCIÓN DE COMPONENTES	11	24	2,24	6,50	16	232,55	
5	INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	10	23	INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	14	24	4,12	6,50	16	428,80	
6	REPARACIONES	11	24	REPARACIONES	8	20	5,00	6,50	16	520,00	
7	ENSAMBLAJE	7	20	ENSAMBLAJE	12	18	5,39	6,50	16	560,06	
8	INFLADO Y PRUEBAS	10	18	INFLADO Y PRUEBAS	15	20	5,39	6,50		-	
<b>CT( COSTO TOTAL)</b>										<b>3.982,00</b>	

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

El costo que se manejaría en la alternativa 2 es de \$ 3981.99 es un costo inferior al que actualmente maneja el taller de ruedas LATAM Ecuador (Tabla 24).

**Tabla 25: Análisis de alternativa 2**

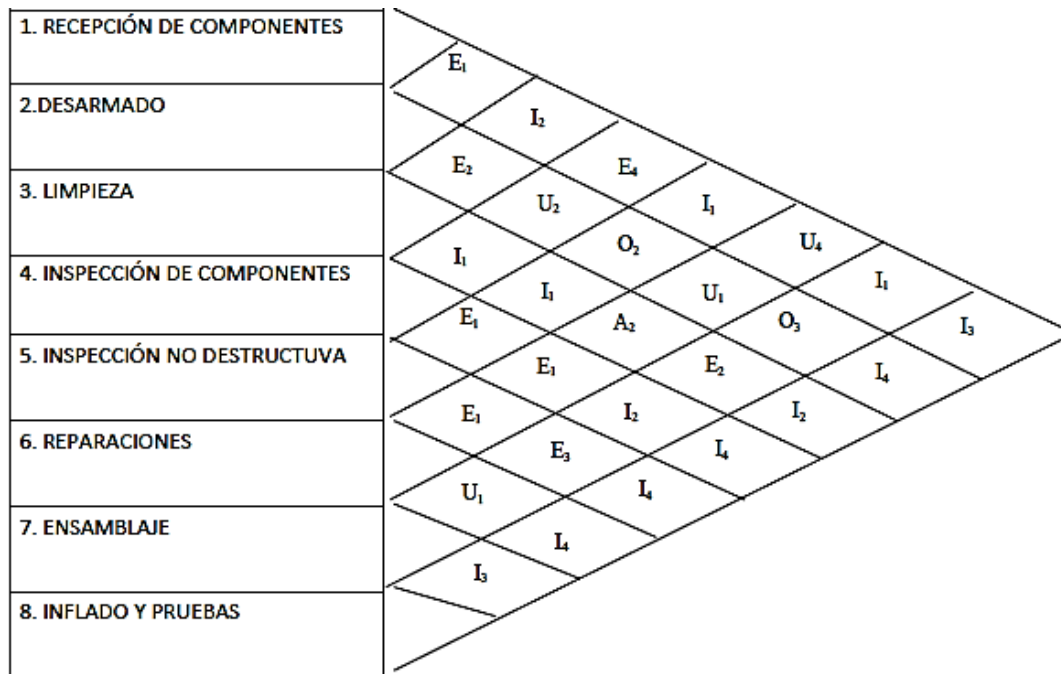
NÚMERO	DENOMINACIÓN	ADYACENCIA	FORMA	COSTO
2	ALTERNATIVA 2	717	62,5%	3981,99

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

Después de haber realizado el estudio de la propuesta alternativa 2 se evidenció que la adyacencia es de 717, la forma de los departamentos es del 100% y el costo por manejar el mantenimiento es de \$ 3981,99 (Tabla 25). La distribución se la puede observar en el Anexo 5.

### Análisis de relación de áreas alternativa 3

Para realizar el análisis de la relación entre actividades se elaboró el diagrama que lleva el mismo nombre, el cual indica la interacción entre las áreas y equipos del taller de ruedas LATAM Ecuador, para llenar dicho diagrama se preguntó al jefe mantenimiento, el resultado se lo puede observar en el Gráfico 20.



LETRA	PONDERACION
A	ABSOLUTAMENTE IMPORTANTE
E	ESENCIALMENTE IMPORTANTE
I	IMPORTANTE
O	IMPORTANCIA ORDINARIA
U	NO ASIGNA IMPORTANCIA
X	NO ASIGNA IMPORTANCIA ALGUNA
Nº	RAZON
1	GRAN FLUJO DE MATERIALES
2	CONTACTO NO FRECUENTE
3	CONTACTO FRECUENTE
4	SUPERVISION

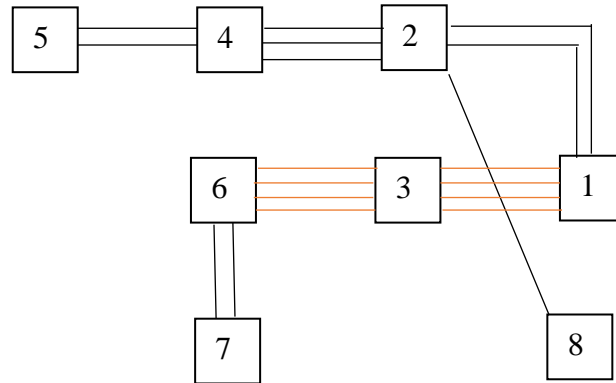
**Gráfico 20:** Relación de áreas alternativa 3  
**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

**Tabla 26:** Valores y porcentajes de adyacencia alternativa 3

SIMBOLOGIA	LETRA	PONDERACION	No. Total	NO. ADYAC.	% Cumplimiento		RESULTADO
	A	Absolutamente Importante	1	1	100,00	243	243
	E	Especialmente Importante	8	3	37,50	81	243
	I	Importante	13	5	38,46	27	135
	O	Importancia Ordinaria Común	2	1	50,00	9	9
	U	No Tiene Importancia	4	1	25,00	3	3
	X	Indeseable	0	0	0,00	-243	0
		TOTAL	28	11		TOTAL	633

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

**Diagrama de relación de adyacencia**



**Gráfico 21:** Relación de adyacencia alternativa 3  
**Elaborado por:** Calderón, Alex (2022)

En el Gráfico 21 se determinó la relación de adyacencia que existe entre cada uno de los departamentos del taller de ruedas, con lo que se pudo realizar el diagrama de actividades y así establecer la adyacencia de cada uno de las áreas.

**Diagrama de relaciones de actividades alternativa 3**

RECEPCIÓN DE COMPONENTES	DESARMADO	REPARACIONES	INSPECCIÓN DE COMPONENTES
LIMPIEZA	INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	ENSAMBLAJE	INFLADO Y PRUEBAS

**Gráfico 22:** Relación de actividades alternativa 3  
**Elaborado por:** A. Calderón (2022)

En el Gráfico 22 de relación de actividades se establece la ubicación en la que deben ir ubicados cada uno de los departamentos para cumplir con el mayor número de adyacencias posibles.

**Tabla 27:** Forma de los departamentos alternativa 3

DEPARTAMENTOS	AREA	LARGO	ANCHO	PERIMETRO	F	CUMPLE
RECEPCIÓN DE COMPONENTES	130,27	13,00	10,00	46,00	1,01	NO
DESARMADO	248,05	15,00	16,20	62,40	0,99	SI
LIMPIEZA	445,75	19,00	23,00	84,00	0,99	SI
INSPECCIÓN DE COMPONENTES	126,13	12,60	10,00	45,20	1,01	NO
INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	106,22	9,00	11,70	41,40	1,00	NO
REPARACIONES	164,56	12,00	13,60	51,20	1,00	SI
ENSAMBLAJE	106,22	10,00	10,60	41,20	1,00	SI
INFLADO Y PRUEBAS	457,34	20,00	22,85	85,70	1,00	NO

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

En la Tabla 27 se establece si los departamentos cumplen con la forma es decir  $<1$  si la forma del departamento es  $> 1$  no cumple con la forma, en la situación propuesta de la alternativa 3 del Taller de ruedas LATAM Ecuador la forma de los departamentos cumplen con el 50% de la forma de cada uno de sus departamentos.



**Tabla 28:** Análisis de costo alternativa 3

COSTO TOTAL ALTERNATIVA 3										
NUMERO	DEPARTAMENTO	CORDENADAS		DEPARTAMENTO	CORDENADAS		d	CI	f	ct
		X1	Y1		X2	Y2	DISTANCIA	COSTO TOL	TRE DEPARTA	
1	RECEPCIÓN DE COMPONENTES	25	10	RECEPCIÓN DE COMPONENTES	23,00	14,00	4,47	6,50	16	465,10
2	DESARMADO	23	14	DESARMADO	16,00	20,00	9,22	6,50	16	958,83
3	LIMPIEZA	15	24	LIMPIEZA	19,00	15,00	9,85	6,50	16	1.024,28
4	INSPECCIÓN DE COMPONENTES	19	15	INSPECCIÓN DE COMPONENTES	11,50	8,00	10,26	6,50	16	1.066,95
5	INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	15	8	INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA	6,00	10,00	9,22	6,50	16	958,83
6	REPARACIONES	6	12	REPARACIONES	18,00	30,00	21,63	6,50	16	2.249,86
7	ENSAMBLAJE	21	30	ENSAMBLAJE	25,00	17,00	13,60	6,50	16	1.414,55
8	INFLADO Y PRUEBAS	25	18	INFLADO Y PRUEBAS	15,00	20,00	10,20	6,50	16	1.060,60
<b>CT( COSTO TOTAL)</b>										<b>9.199,01</b>

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

El costo que manejaría en la alternativa 3 sería de \$9199, que es un costo superior al que actualmente tiene presupuestado el taller de ruedas LATAM Ecuador (Tabla 28).

**Tabla 29:** Análisis de alternativa 3

NUMERO	DENOMINACION	ADYACENCIA	FORMA	COSTO
3	ALTERNATIVA 3	633	50%	9199

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

Después de haber realizado el estudio de la propuesta alternativa 3 se determina que la adyacencia es de 633, la forma de los departamentos es del 100% y el costo por la reparación de ruedas de avión es de \$9199 (Tabla 29). La distribución se la puede observar en el Anexo 6.

## Resultados esperados

En base a los criterios de análisis de alternativas para la redistribución del taller de ruedas de LATAM se presentan los resultados obtenidos; tomando en consideración la adyacencia, la forma del departamento y el costo de la alternativa, lo que se puede visualizar en la Tabla 30 adjunta.

**Tabla 30: Evaluación de alternativas**

<b>EVALUACION DE ALTERNATIVAS</b>				
<b>NUMERO</b>	<b>DENOMINACION</b>	<b>ADYACENCIA</b>	<b>FORMA</b>	<b>COSTO</b>
<b>1</b>	ALTERNATIVA 1	993	100%	4107
<b>2</b>	ALTERNATIVA 2	717	62,5%	3981
<b>3</b>	ALTERNATIVA 3	633	50%	9199

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

Mediante los parámetros encontrados tanto en los diagramas REL, en la adyacencia de alternativas y en el análisis de costos se define cuál de estos tres tiene mayor puntuación a relevancia en este caso la Alternativa 1 es la que cumple con los mejores valores en los variables tomadas en consideración.

Con los resultados obtenidos que se espera obtener con la puesta en marcha de la propuesta, se realiza el cronograma de actividades que se debería considerar para la redistribución de planta en el taller de ruedas de LATAM Ecuador, misma que se puede visualizar en la Tabla 31 adjunta.

**Tabla 31:** Cronograma de actividades abril a septiembre 2022.

TIEMPO	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				
ACTIVIDADES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Presentación de la propuesta a la Gerencia de LATAM Ecuador	■	■	■																						
Entrega del ejemplar de la Propuesta				■	■	■																			
Socializar la propuesta con el personal del taller de ruedas							■	■	■	■	■														
Entrega de las alternativas de redistribución en planos													■	■	■	■	■								
Capacitar al personal para realizar las actividades acorde a la nueva distribución																	■	■							
Ejecutar la propuesta																					■	■			

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

## Costo y Administración

En la Tabla 32 se presenta el costo que representaría el ejecutar la propuesta de redistribución de planta en el taller de ruedas de LATAM Ecuador,

**Tabla 32:** Costo de la propuesta.

<b>COSTO E IMPLEMENTACIÓN</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Precio Unitario (\$)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Total (\$)</b>
Propuesta			
Redistribución de planta en el taller de ruedas de LATAM Ecuador (Ubicación de puestos de trabajo, máquinas y equipos existentes)	2300,00	1	2300,00
Capacitación al personal del taller			
Tema 1: Proceso de reparación de ruedas a través de la correcta interpretación y ejecución de manuales emitidos por el fabricante.	200,00	2	400,00
Tema 2: Redistribución de planta implementado (Ubicación de puestos de trabajo, máquinas y equipos existentes en el taller).			
• Diseño de planos de redistribución	80,00	3	240,00
• Señalética para paredes con identificación de cada área.	6,00	17	102,00
• Señalética para el piso con pintura de alto tráfico,	98,00	1	98,00
SUBTOTAL			3140,00
Imprevistos 10%			314,00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>3.454,00</b>

Elaborado por: Calderón, Alex (2022)

La administración de la propuesta estará a cargo del jefe de Taller de LATAM Ecuador en el aeropuerto de Tababela y del personal técnico de mantenimiento de dicho taller, de igual manera el costo de la propuesta lo asumirá la empresa LATAM Ecuador en su totalidad.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones:**

- Realizado el análisis correspondiente a través de los diagramas de recorrido de materiales, diagrama desde - hacia, cálculo de los tiempos de trabajo, balance de línea de producción, evaluación por adyacencia de departamentos, se concluyó que la distribución actual de planta no es la correcta para el proceso reparación de ruedas en LATAM Ecuador, debido a que no se cumple con los criterios de adyacencia en base al número de departamentos existentes, la forma de los departamentos no cumple con las limitaciones mínimas de espacio.
- Dentro de las actividades del proceso se pudo determinar un promedio de 41 actividades que se deben realizar en la reparación de ruedas principal y de nariz con un tiempo promedio de reparación de 430 minutos.
- En base a los parámetros encontrados tanto en los diagramas REL, en la adyacencia de alternativas y en el análisis de costos se define cuál de estos tres tiene mayor puntuación a relevancia en este caso la Alternativa 1 es la que cumple con los mejores valores en las variables tomadas en consideración, una adyacencia de 993, la forma del 100% y un costo de 4107 dólares.

### **Recomendaciones:**

- Al identificar los cruces de línea en las áreas del proceso de reparación de ruedas del taller LATAM Ecuador, se deben redistribuir las áreas de producción en base al flujo del proceso y al estudio de adyacencias para optimizar tiempos en el proceso de producción de tanques industriales, lo cual permitirá optimizar el recurso material y humano.
- Se recomienda tener en cuenta el índice de valor agregado para poder identificar las actividades que no agregan valor y que se las podría eliminar o cambiar para que se incremente el porcentaje de valor agregado y de esta manera se tenga un proceso mejorado, controlado y estandarizado.
- Finalmente se recomienda realizar la señalética en el taller y aplicar un estudio de las 5S para ordenar y mantener limpio el taller de ruedas.

## **Bibliografía**

**Alvarado Pacheco, Eddy Stalin. 2016.** *Desarrollo de un modelo de control de operaciones críticas de ajuste para mejorar la calidad en el ensamble de los vehículos en CIAUTO Ambato.* Riobamba : ESPOCH, 2016.

**Cardona Márquez, María Juliana. 2016.** *Mejoramiento del tiempo de operación en procesos de ensamble bi-manual basado en técnicas de optimización computacional.* 2016.

**Castellano, K. 2015.** *Diseño de una metodología para el control y validación de las operaciones críticas en una planta ensambladora de vehículos.* Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica. La Habana : ISPJAE, 2015.

**Centro Europeo de Empresas Innovadoras. 2008.** Distribución en Planta. [En línea] 2008. [Citado el: 06 de Julio de 2021.] <https://docplayer.es/90505364-Distribucion-en-planta-manual-comunidad-valenciana-centros-europeos-de-empresas-innovadoras.html>.

**DAC. 2019.** *Talleres de mantenimiento de aviones.* Quito : DAC, 2019.

**Fernández, Antonio. S/A.** Systematic Layout Planning (SLP). [En línea] S/A. [Citado el: 07 de Julio de 2021.] <http://www.fernandezantonio.com.ar/Documentos/SLP%20para%20Distribucion%20en%20Planta%20%202017.pdf>.

**Flor, Alexandra. 2017.** *Re-implementación del Cuadro de Mando Integral como herramienta de control y seguimiento de la planificación estratégica en la Dirección de la Industria Aeronáutica de la FAE.* Quito : ETFAE, 2017.

**2017. MECAPEDIA.** *Enciclopedia virtual de Ingeniería Mecánica.* Universidad Jaime I. Castellón, España : s.n., 2017.

**Muther, Richard. 1970.** *Distribución en Planta.* Barcelona : Editorial Hispano Europea, 1970. pág. 482.

**Paternina Sandoval, Jacinto. 2017.** *Desarrollo de un modelo de control de operaciones críticas de ajuste para elevar la calidad en el ensamblaje de vehículos Renault.* 2017.

**Pugliese, Ana Rosalía. 2015.** *Implementación de un plan de control para operaciones críticas en una planta ensambladora de vehículos.* departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Simón Bolívar. Sartenejas : s.n., 2015. Tesis de grado.

**Richard Muther & Associates, Inc. 1968.** *Planificación y proyección de la empresa industrial (Método SLP).* Barcelona : Editores Técnicos Asociados S.A., 1968. pág. 266.

**Vallhonrat, Josep y Corominas, Albert. 1991.** *Localización, distribución en planta y mantenimiento.* Barcelona : Marcombo, 1991. pág. 144.



# **ANEXOS**



Quito, 30 de mayo de 2022

**Ing. Belén Rúales Martínez**

*Decana de la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y la Comunicación*

**Universidad Tecnológica Indoamérica**

Presente. -

De mis consideraciones:

Yo Juan Carlos Inclán en mi calidad de SUBGERENTE DE MANTENIMIENTO de la empresa LATAM ECUADOR con base en Quito.

Certifico que el señor Alex Fernando Calderón Valdiviezo portador de la cédula de ciudadanía N. 1803147782, ha realizado con éxito el proyecto de tesis denominado: "PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN EL TALLER DE RUEDAS DE LA COMPAÑÍA LATAM ECUADOR". Estamos conformes con la calidad del trabajo realizado y confirmamos que el proyecto será implementado en el taller de ruedas, para lograr una mayor producción y eficiencia durante el proceso.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,

  
.....  
Ing. Juan Carlos Inclán  
SUBGERENTE DE MANTENIMIENTO  
LATAM ECUADOR



Anexo 1: Manual de mantenimiento de ruedas de aviones



SAFRAN LANDING SYSTEMS SAS

CAGE: F6137

Inovel Parc Sud - 7, rue Général Valérie André

78140 VELIZY-VILLACOUBLAY - FRANCE

Telephone: +33 (0) 1 46 29 81 00

www.safran-landing-systems.com

# COMPONENT MAINTENANCE MANUAL WITH ILLUSTRATED PARTS LIST

## Main Landing Gear Wheel Assembly

PN: C20195162

The technical data in this document (or file) may contain US data and be controlled for export under the Export Administration Regulations (EAR), 15 CFR Parts 730-774, ECCN: 9E991. Violations of these laws may be subject to fines and penalties under the Export Administration Act.

The technical content of this document has been produced in accordance with the Alternative Procedure to DOA ref EASA APDOA023.

© SAFRAN LANDING SYSTEMS 2016 (AND SUBSEQUENT REVISION PAGE DATES)

This document and all information contained herein is the sole property of Safran Landing Systems. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced to a third party without the express written consent of Safran Landing Systems.

Revision No. 12  
Initial Issue: Apr 30/96

**32-47-46**

TP1  
Dec 16/20

Anexo 2: Manual de ensamble de ruedas de aviones



Goodrich Corporation  
Aircraft Wheels & Brakes division  
101 Waco Street  
P.O. Box 340  
Troy, Ohio 45373  
U.S.A.  
Tel: 937-339-3811  
Fax: 937-440-2055  
<https://techpubs.goodrich.com>

CAGE 97153

**COMPONENT MAINTENANCE MANUAL  
WITH  
ILLUSTRATED PARTS LIST  
NOSE LANDING GEAR WHEEL  
ASSEMBLY**

**PNR: 3-1531  
3-1531-1  
3-1531-2  
3-1531-3**

These commodities, technology, or software are controlled by the U.S. Export Administration Regulations (EAR).  
Diversion contrary to U.S. law is prohibited.  
ECCN: 9E991

©  2012 T-4  
Initial Issue : Sep 25/92

**32-41-13**

Page TP 1  
Rev 6  
Oct 30/12

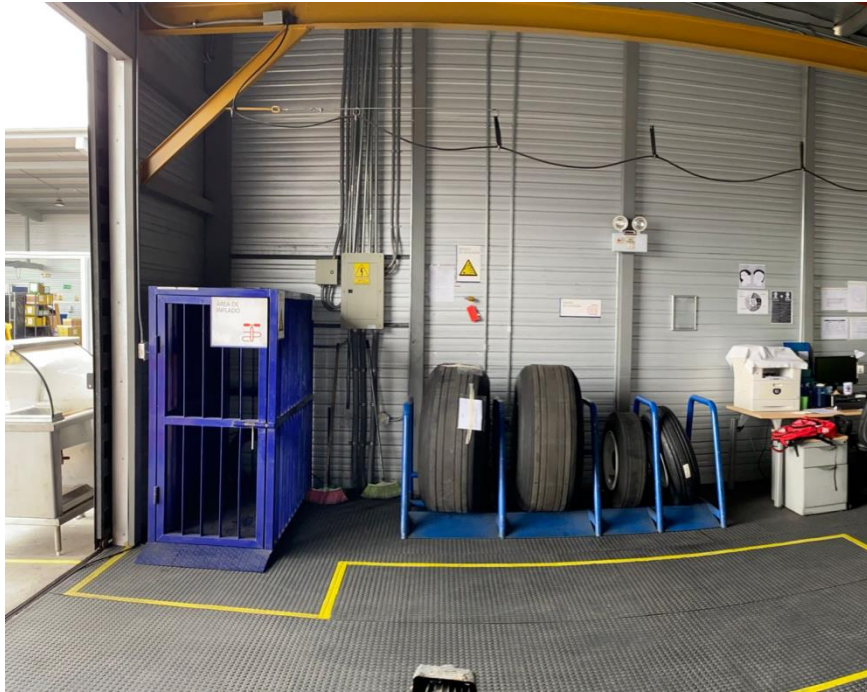
### Anexo 3: Archivo fotográfico



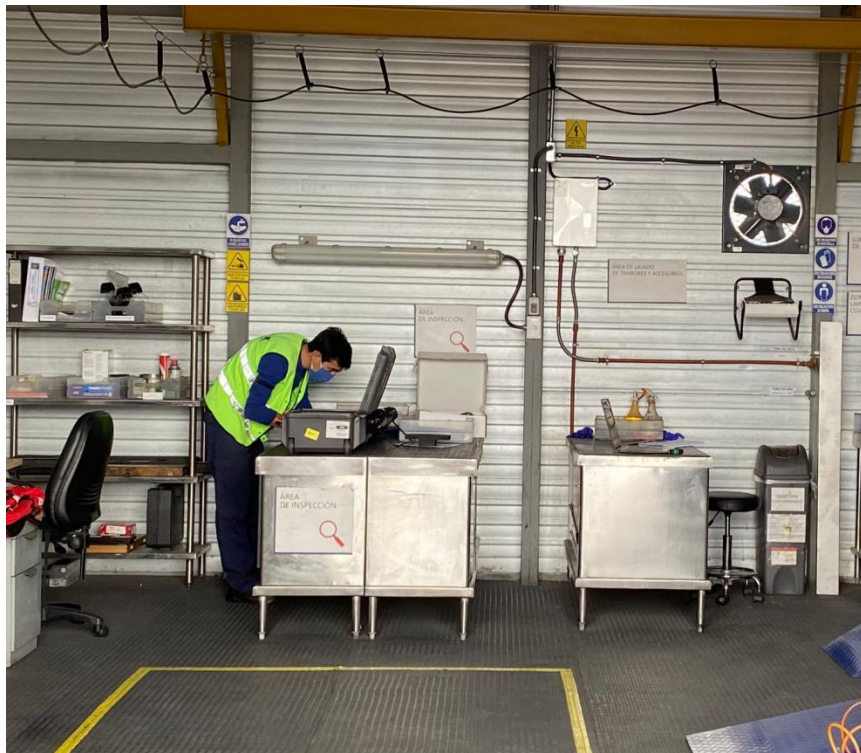
Área de recepción de llantas



Desarmado y ensamble de ruedas

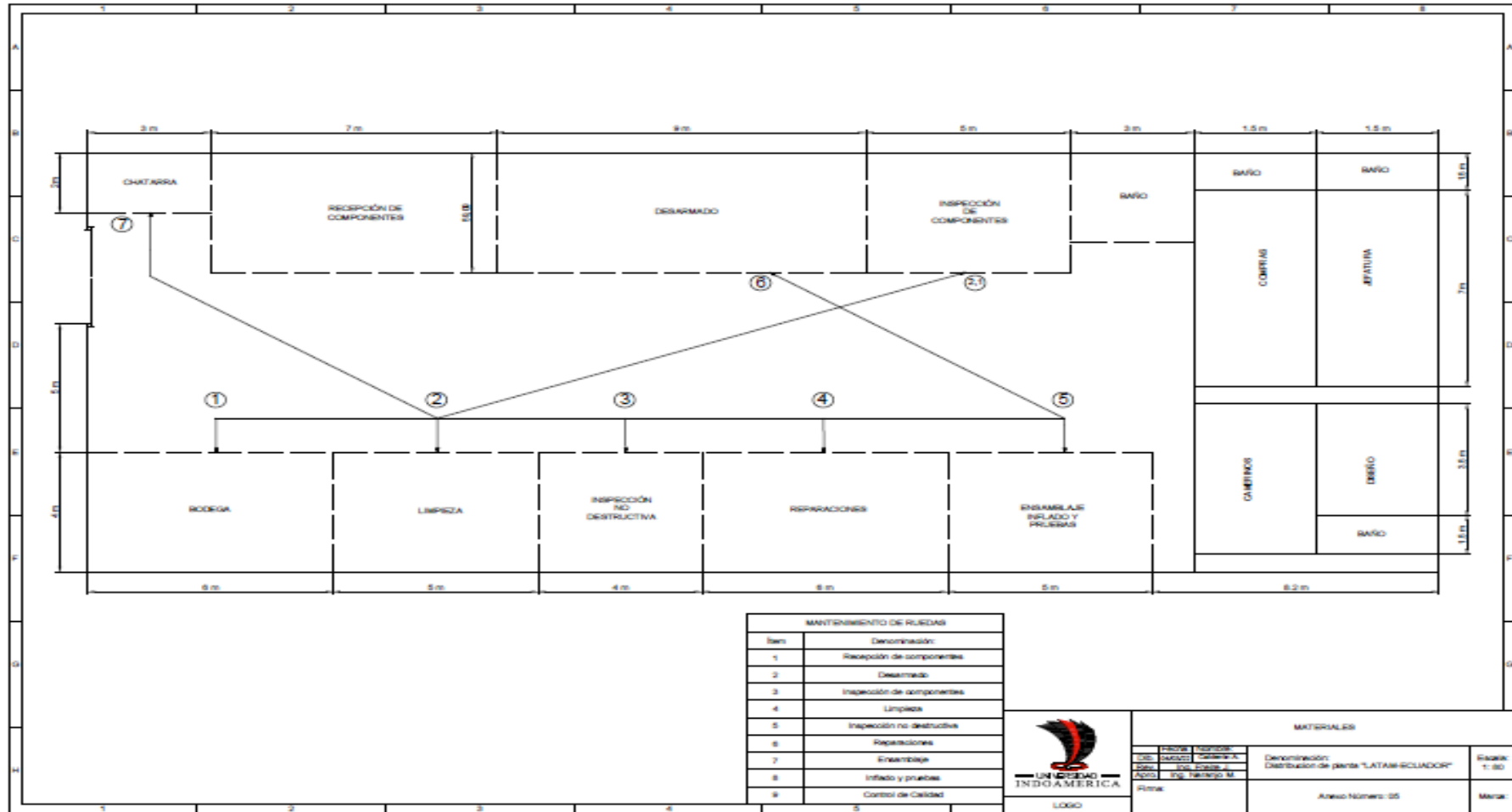


Inflado de ruedas



Área de inspección

### Anexo 4: Redistribución Alternativa 1

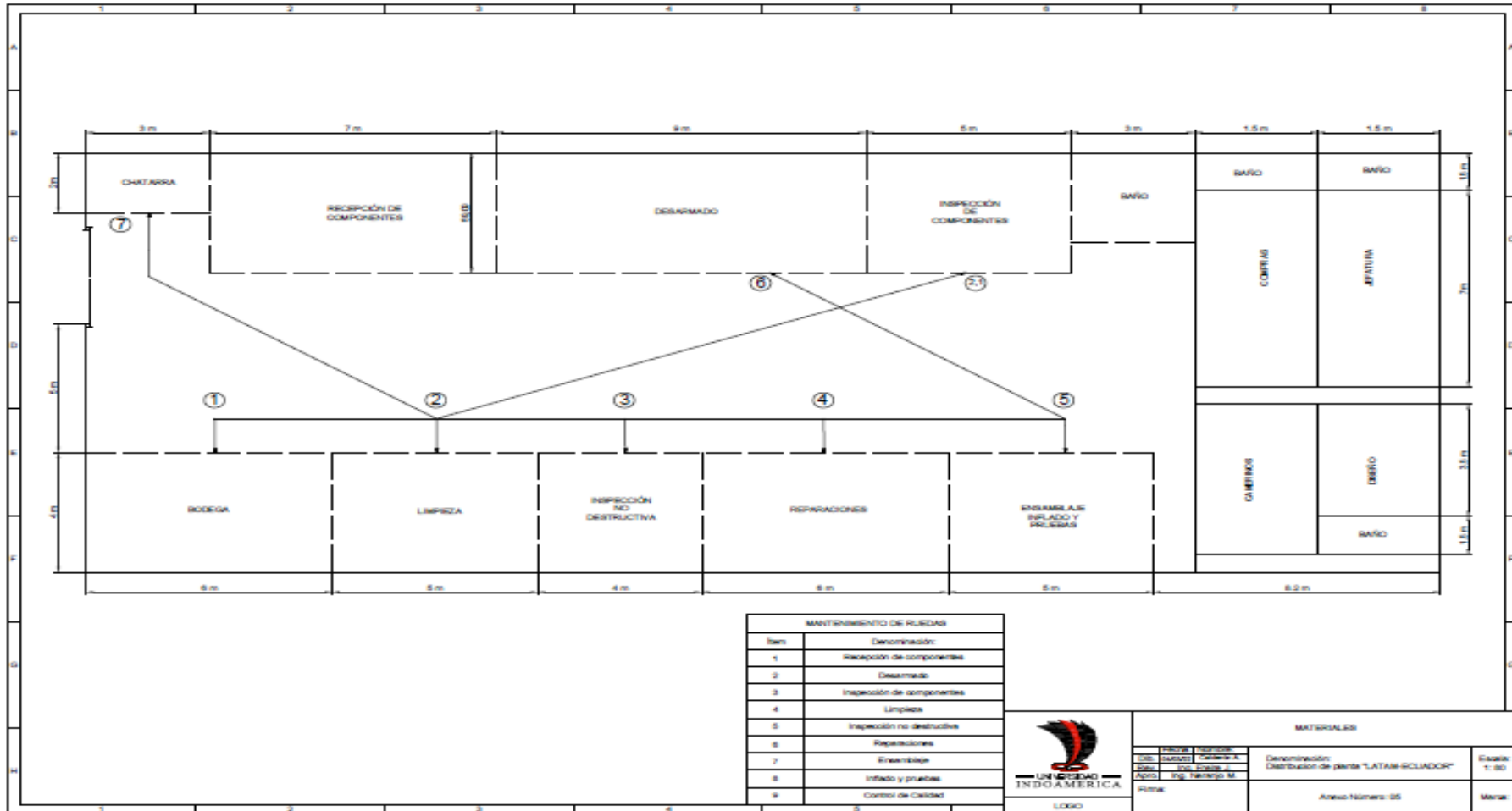


MANTENIMIENTO DE FUZAS	
Item	Denominación
1	Recepción de componentes
2	Desarmado
3	Inspección de componentes
4	Limpieza
5	Inspección no destructiva
6	Reparaciones
7	Ensamblaje
8	Enfado y pruebas
9	Control de Calidad



MATERIALES																			
<table border="1"> <tr> <td>Modelo</td> <td>Industria</td> </tr> <tr> <td>Uso</td> <td>Industria</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td>Acero y Aluminio</td> </tr> <tr> <td>Aplicación</td> <td>Seg. Vuelo y M.</td> </tr> </table>	Modelo	Industria	Uso	Industria	Material	Acero y Aluminio	Aplicación	Seg. Vuelo y M.	<table border="1"> <tr> <td>Denominación</td> <td>Distribución de planta "LATAM ECUADOR"</td> <td>Escala</td> <td>1:50</td> </tr> <tr> <td>Item</td> <td>05</td> <td>Marca</td> <td></td> </tr> </table>	Denominación	Distribución de planta "LATAM ECUADOR"	Escala	1:50	Item	05	Marca		Anexo Número: 05	
Modelo	Industria																		
Uso	Industria																		
Material	Acero y Aluminio																		
Aplicación	Seg. Vuelo y M.																		
Denominación	Distribución de planta "LATAM ECUADOR"	Escala	1:50																
Item	05	Marca																	

### Anexo 5: Redistribución Alternativa 2



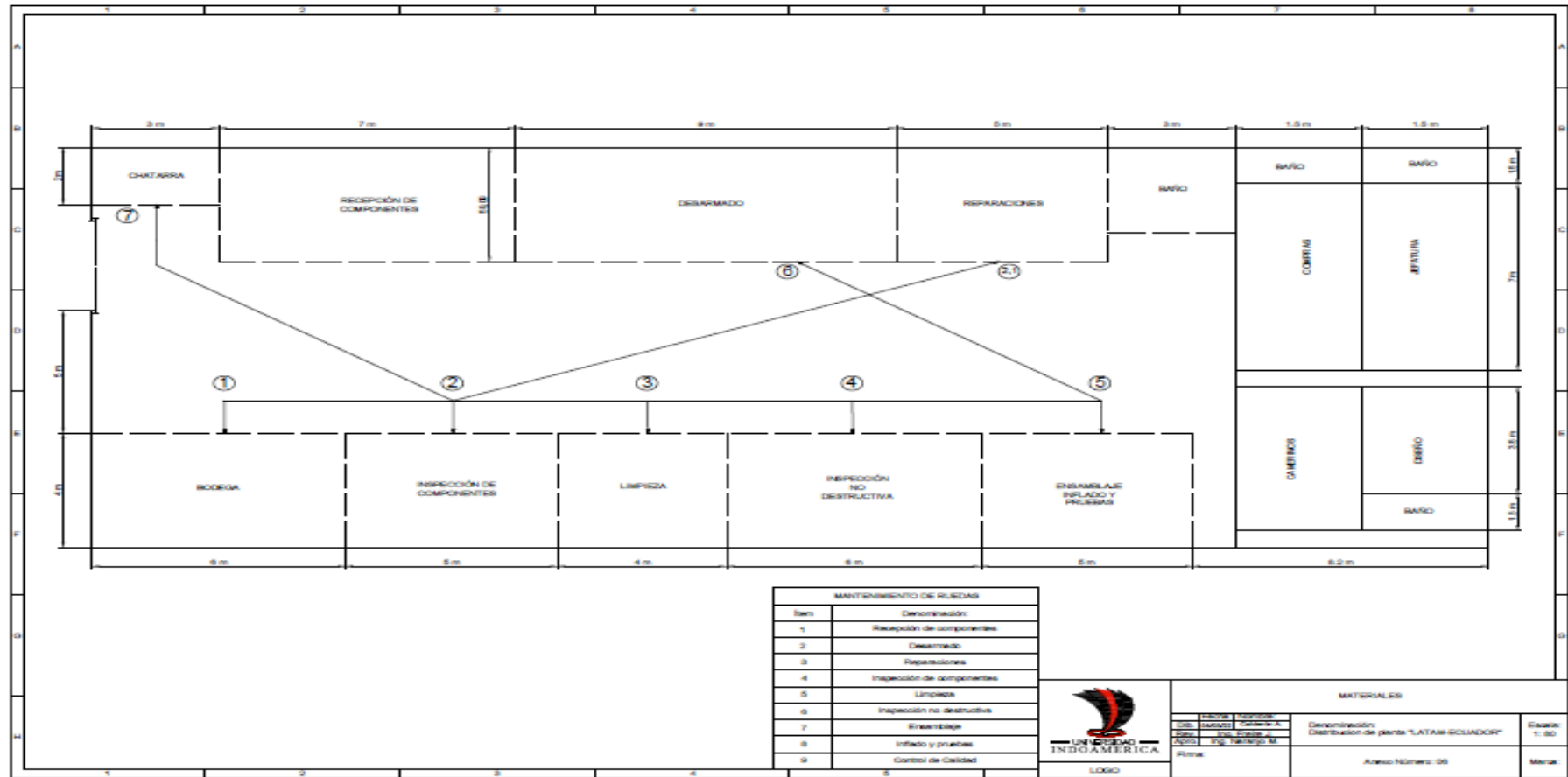
MANTENIMIENTO DE RUEDAS	
Item	Denominación
1	Recepción de componentes
2	Desarmado
3	Inspección de componentes
4	Limpieza
5	Inspección no destructiva
6	Reparaciones
7	Ensamblaje
8	Inflado y pruebas
9	Control de Calidad



MATERIALES										
<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td> <td>Industria</td> </tr> <tr> <td>Ubicación</td> <td>Caracas - VZ</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>15/03/2014</td> </tr> <tr> <td>Autores</td> <td>ING. JUAN CARLOS M.</td> </tr> </table>	Proyecto	Industria	Ubicación	Caracas - VZ	Fecha	15/03/2014	Autores	ING. JUAN CARLOS M.	Denominación: Distribución de planta "LATAM-EQUADOR"	Escala: 1:50
Proyecto	Industria									
Ubicación	Caracas - VZ									
Fecha	15/03/2014									
Autores	ING. JUAN CARLOS M.									
Firma:	Anexo Número: 05	Marca:								



### Anexo 6: Redistribución Alternativa 3



Anexo 7: Distribución actual del taller de ruedas

