



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ESTUDIO Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA  
INSTALACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO EN  
LA CONSTRUCCIÓN DE CARROCERÍAS PARA BUSES DE  
TRANSPORTE INTERPROVINCIAL DE PASAJEROS”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

**HENRY PAÚL MONTES GUAMÁN**

Riobamba - Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ESTUDIO Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA  
INSTALACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO EN  
LA CONSTRUCCIÓN DE CARROCERÍAS PARA BUSES DE  
TRANSPORTE INTERPROVINCIAL DE PASAJEROS”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:** HENRY PAÚL MONTES GUAMÁN

**DIRECTORA:** ING. EUGENIA MERCEDES NARANJO VARGAS, M.Sc.

Riobamba - Ecuador

2024

**©2024, Henry Paúl Montes Guamán**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Henry Paúl Montes Guamán declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

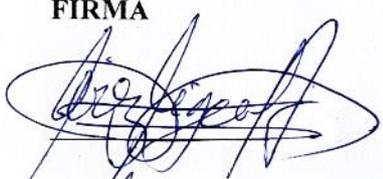
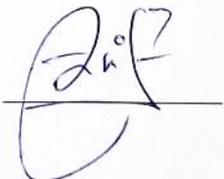
Riobamba, 21 de febrero del 2024



**Henry Paúl Montes Guamán**  
**C.I. 0605945559-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

El Tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto Técnico “**ESTUDIO Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA INSTALACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARROCERÍAS PARA BUSES DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL DE PASAJEROS**”, realizado por el señor: **HENRY PAÚL MONTES GUAMÁN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Miguel Ángel Pérez Bayas, Ph.D. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		21/02/2024
Ing. Eugenia Mercedes Naranjo Vargas, M.Sc. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		21/02/2024
Ing. Jaime Iván Acosta Velarde, M.Sc. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		21/02/2024

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de integración curricular lo dedico a mi familia quienes me han apoyado en toda mi vida académica confiando en mis capacidades. Gracias a su ejemplo de superación me motivaron a seguir adelante a pesar de las circunstancias y me han enseñado que el mejor legado que se puede dejar es la educación.

Henry Montes

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecido a mis padres Juan, Betty y mi hermana Dangely que han brindado su apoyo, compañía y paciencia a lo largo de toda mi vida.

Mis sinceros agradecimientos a la empresa CAR-BUSS YAULEMA por patrocinar este trabajo de integración curricular, en especial al Sr. Víctor Yaulema en calidad de Gerente, a su esposa la Sra. Eugenia Orna y a todos quienes integran la empresa por brindar las facilidades para la realización del proyecto.

A la Ing. Eugenia Naranjo y al Ing. Iván Acosta por su apoyo como Directora y Asesor de este trabajo, como docentes de la Carrera Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por aportar a mi vida personal y profesional.

Henry Montes

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
SUMMARY.....	XVI

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	5
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	5

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1. Bus.....	6
2.1.1. <i>Chasis o bastidor</i> .....	7
2.1.2. <i>Ejes</i> .....	7
2.1.3. <i>Carrocería</i> .....	8
2.1.4. <i>Partes que conforman el Bus de transporte interprovincial</i> .....	9
2.1.5. <i>Peso del vehículo en vacío o tara (Pv)</i> .....	9
2.1.6. <i>Carga muerta (Cm)</i> .....	10
2.1.7. <i>Carga viva (Cv)</i> .....	10
2.1.8. <i>Peso Bruto Vehicular (PBV)</i> .....	11
2.1.9. <i>Capacidad de carga</i> .....	11
2.1.10. <i>Espacio de supervivencia</i> .....	11
2.1.11. <i>Plaza</i> .....	12
2.1.11.1. <i>Plazas de asiento</i> .....	13
2.1.12. <i>Disposiciones generales de la carrocería</i> .....	13
2.1.13. <i>Características de los buses de transporte de pasajeros</i> .....	14

<b>2.2.</b>	<b>Confort</b> .....	14
2.2.1.	<i>Temperatura en el compartimiento de pasajeros</i> .....	14
2.2.2.	<i>Humedad en el compartimiento de pasajeros</i> .....	15
2.2.3.	<i>Calidad del aire en el compartimiento de pasajeros</i> .....	16
2.2.4.	<i>Ruido en el compartimiento de pasajeros</i> .....	17
<b>2.3.</b>	<b>Polímeros</b> .....	18
2.3.1.	<i>Poliuretano (PU)</i> .....	19
2.3.1.1.	<i>Composición</i> .....	19
2.3.1.2.	<i>Poliol</i> .....	20
2.3.1.3.	<i>Isocianato</i> .....	20
2.3.2.	<i>Métodos de aplicación</i> .....	20
2.3.2.1.	<i>Método de Proyección de alta presión</i> .....	20
2.3.2.2.	<i>Consideraciones para la aplicación</i> .....	21
2.3.3.	<i>Poliestireno expandido (EPS)</i> .....	22
2.3.3.1.	<i>Composición</i> .....	23
2.3.3.2.	<i>Fabricación</i> .....	23
<b>2.4.</b>	<b>Materiales aislantes</b> .....	24
2.4.1.	<i>Propiedades de los materiales aislantes</i> .....	24

### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	26
3.1.	<b>Tipo de investigación</b> .....	26
3.1.1.	<i>Tipo de estudio</i> .....	26
3.1.2.	<i>Investigación bibliográfica</i> .....	26
3.1.3.	<i>Investigación de campo</i> .....	26
3.2.	<b>Técnicas de recolección de información</b> .....	27
3.2.1.	<i>Revisión bibliográfica</i> .....	27
3.2.2.	<i>Observación</i> .....	27
3.2.3.	<i>Entrevista</i> .....	27
3.3.	<b>Metodología</b> .....	27
3.3.1.	<i>Método deductivo</i> .....	27
3.3.2.	<i>Método inductivo</i> .....	28
3.3.3.	<i>Metodología del proyecto</i> .....	28
3.3.4.	<i>Flujograma del proceso para la construcción de carrocerías de bus</i> .....	29
3.3.4.1	<i>Características del chasis de bus de transporte de pasajeros</i> .....	30
3.3.5.	<i>Descripción de las áreas de la empresa</i> .....	32

<b>3.3.6.</b>	<b><i>Diagnóstico de la situación actual del proceso</i></b> .....	34
<b>3.3.6.1.</b>	<b><i>Diagrama de flujo del proceso actual de aislamiento térmico y acústico</i></b> .....	35
<b>3.3.6.2.</b>	<b><i>Máquina usada en el proceso de aislamiento</i></b> .....	35
<b>3.3.6.3.</b>	<b><i>Recorrido de la maquina usada para el proceso de aislamiento</i></b> .....	36
<b>3.3.6.4.</b>	<b><i>Componentes usados para el proceso de aislamiento</i></b> .....	38
<b>3.3.6.5.</b>	<b><i>Recorrido de los componentes para el proceso de aislamiento</i></b> .....	39
<b>3.3.6.6.</b>	<b><i>Cantidad de componentes necesarios para el proceso de aislamiento</i></b> .....	41
<b>3.3.6.7.</b>	<b><i>Dimensionamiento de la superficie a aislar</i></b> .....	42
<b>3.3.6.8.</b>	<b><i>Mano de obra necesaria para el proceso de aislamiento</i></b> .....	47
<b>3.3.6.9.</b>	<b><i>Identificación de problemas en el proceso actual de aislamiento térmico y acústico de buses de transporte interprovincial</i></b> .....	48
<b>3.3.6.10.</b>	<b><i>Clasificación de problemas en el proceso actual de aislamiento térmico y acústico de buses de transporte interprovincial</i></b> .....	49

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>MARCO DE ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	50
<b>4.1.</b>	<b>Análisis orientado a la optimización</b> .....	50
<b>4.1.1.</b>	<b><i>Uso del poliestireno expandido EPS</i></b> .....	50
<b>4.1.2.</b>	<b><i>Ventajas y desventajas de los materiales aislantes</i></b> .....	51
<b>4.1.3.</b>	<b><i>Piso de la unidad de transporte</i></b> .....	53
<b>4.1.4.</b>	<b><i>Análisis del tiempo del proceso de construcción</i></b> .....	54
<b>4.1.5.</b>	<b><i>Diagrama de Pareto de los problemas de uso de espuma de poliuretano</i></b> .....	62
<b>4.1.6.</b>	<b><i>Problemática generada con el aislamiento con espuma de poliuretano</i></b> .....	63
<b>4.1.7.</b>	<b><i>Análisis del mantenimiento de máquina para proyección</i></b> .....	63
<b>4.1.8.</b>	<b><i>Análisis de seguridad relacionado al proceso</i></b> .....	65
<b>4.1.9.</b>	<b><i>Optimización del proceso</i></b> .....	69
<b>4.1.9.1.</b>	<b><i>Planeación del proceso de aislamiento térmico y acústico</i></b> .....	69
<b>4.1.9.2.</b>	<b><i>Proceso optimizado de aislamiento térmico y acústico</i></b> .....	69
<b>4.1.9.3.</b>	<b><i>Homogeneidad de la espuma de poliuretano</i></b> .....	71
<b>4.1.9.4.</b>	<b><i>Diagrama de proceso optimizado</i></b> .....	73
<b>4.1.10.</b>	<b><i>Análisis de costos aproximados para la proyección de espuma de poliuretano</i></b> .....	74
<b>4.1.11.</b>	<b><i>Indicadores de Eficiencia</i></b> .....	75

## **CAPÍTULO IV**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	79
-----------	---	----

<b>5.1.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	79
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	80

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Cargas vivas de diseño .....	10
<b>Tabla 3-1:</b> Características chasis marca Hino .....	31
<b>Tabla 3-2:</b> Características chasis marca Mercedes Benz .....	31
<b>Tabla 3-3:</b> Características chasis marca Scania .....	31
<b>Tabla 3-4:</b> Largo total del vehículo.....	32
<b>Tabla 3-5:</b> Altura total máxima.....	32
<b>Tabla 3-6:</b> Resumen del diagrama de procesos actual para el aislamiento .....	34
<b>Tabla 3-7:</b> Cálculo de la superficie de pared lateral por aislar.....	42
<b>Tabla 3-8:</b> Cálculo de la superficie de techo por aislar .....	44
<b>Tabla 3-9:</b> Cálculo de la superficie de pared posterior por aislar .....	45
<b>Tabla 3-10:</b> Cálculo del área total por aislar .....	46
<b>Tabla 3-11:</b> Características del material aislante .....	46
<b>Tabla 3-12:</b> Cálculo del volumen y peso del material aislante .....	46
<b>Tabla 3-13:</b> Lluvia de ideas de problemas al realizar el proceso de aislamiento .....	48
<b>Tabla 3-14:</b> Matriz de afinidad de problemas en el proceso de aislamiento térmico y acústico	49
<b>Tabla 4-1:</b> Comparativa de la espuma de poliuretano y el poliestireno expandido .....	51
<b>Tabla 4-2:</b> Análisis tiempo estructurado .....	54
<b>Tabla 4-3:</b> Análisis del tiempo de forrado .....	56
<b>Tabla 4-4:</b> Análisis del tiempo de pintura.....	57
<b>Tabla 4-5:</b> Análisis del tiempo de acabados.....	59
<b>Tabla 4-6:</b> Análisis del tiempo de total de construcción .....	60
<b>Tabla 4-7:</b> Cantidad de riegos por su categoría.....	65
<b>Tabla 4-8:</b> Cantidad de riesgos por su estimación .....	66
<b>Tabla 4-9:</b> Equipos de Protección Personal para el Proceso de proyección de espuma de poliuretano.....	68
<b>Tabla 4-10:</b> Resumen del diagrama de procesos optimizado.....	74
<b>Tabla 4-11:</b> Costos del proceso de aislamiento por chasis.....	75
<b>Tabla 4-12:</b> Índice de Valor Agregado Proceso Actual .....	77
<b>Tabla 4-13:</b> Índice de Valor Agregado Proceso Optimizado .....	78

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Bus de transporte interprovincial .....	6
<b>Ilustración 2-2:</b> Chasis independiente para bus .....	7
<b>Ilustración 2-3:</b> Chasis independiente de dos ejes con tracción posterior .....	8
<b>Ilustración 2-4:</b> Carrocería de bus sobre chasis independiente.....	8
<b>Ilustración 2-5:</b> Construcción de carrocería autoportante chasis modular Scania k360.....	9
<b>Ilustración 2-6:</b> Partes de un bus .....	9
<b>Ilustración 2-7:</b> Especificación del espacio de supervivencia lateral .....	12
<b>Ilustración 2-8:</b> Especificación del espacio de supervivencia disposición longitudinal.....	12
<b>Ilustración 2-9:</b> Características de los buses según normativa .....	14
<b>Ilustración 2-10:</b> Variación de la densidad del aire (kg m-3) en función de la altitud .....	16
<b>Ilustración 2-11:</b> Reacción de polimerización.....	18
<b>Ilustración 2-12:</b> Ecuación de reacción de formación de un poliuretano .....	19
<b>Ilustración 2-13:</b> Equipo de proyección de alta presión .....	21
<b>Ilustración 2-14:</b> Aplicación de la espuma de poliuretano en superficie vertical.....	22
<b>Ilustración 2-15:</b> Poliestireno Expandido (EPS) .....	23
<b>Ilustración 2-16:</b> Materiales aislantes.....	24
<b>Ilustración 2-17:</b> Materiales aislantes más usados.....	25
<b>Ilustración 3-1:</b> Metodología del proyecto .....	28
<b>Ilustración 3-2:</b> Diagrama resumen del proceso de construcción de la carrocería .....	29
<b>Ilustración 3-3:</b> Planta de producción y sus áreas .....	33
<b>Ilustración 3-4:</b> Unidad de Proyección Modelo easy spray – H.....	36
<b>Ilustración 3-5:</b> Recorrido de la máquina desde el lugar de almacenamiento .....	37
<b>Ilustración 3-6:</b> Componentes de la Espuma de Poliuretano ECUAFOAM S-150.....	39
<b>Ilustración 3-7:</b> Recorrido de los componentes de la espuma .....	40
<b>Ilustración 3-8:</b> Depósitos de polioliol e isocianato con 20 kg de componentes cada uno.....	41
<b>Ilustración 3-9:</b> Vista lateral pared izquierda .....	42
<b>Ilustración 3-10:</b> Vista lateral pared derecha.....	43
<b>Ilustración 3-11:</b> Vista superior, techo del bus.....	43
<b>Ilustración 3-12:</b> Vista pared posterior .....	45
<b>Ilustración 3-13:</b> Operarios involucrados en la proyección de la espuma de poliuretano .....	47
<b>Ilustración 4-1:</b> Cortadora de hilo caliente CREAM200.....	51
<b>Ilustración 4-2:</b> Tableros marinos para piso .....	54
<b>Ilustración 4-3:</b> Tiempo disponible vs tiempo total para estructurado .....	55
<b>Ilustración 4-4:</b> Porcentajes del tiempo de estructurado.....	55

<b>Ilustración 4-5:</b> Tiempo disponible vs tiempo total para forrado .....	56
<b>Ilustración 4-6:</b> Porcentajes del tiempo de forrado.....	57
<b>Ilustración 4-7:</b> Tiempo disponible vs tiempo total para pintura.....	58
<b>Ilustración 4-8:</b> Porcentajes del tiempo de pintura .....	58
<b>Ilustración 4-9:</b> Tiempo disponible vs tiempo total para acabados .....	59
<b>Ilustración 4-10:</b> Porcentajes del tiempo de acabados.....	60
<b>Ilustración 4-11:</b> Tiempo disponible vs tiempo total para construcción .....	61
<b>Ilustración 4-12:</b> Porcentajes del tiempo total de construcción.....	62
<b>Ilustración 4-13:</b> Diagrama de Pareto para el proceso de aplicación de aislamiento .....	62
<b>Ilustración 4-14:</b> Diagrama de Ishikawa para el proceso .....	63
<b>Ilustración 4-15:</b> Gamma Easy Spray-H .....	64
<b>Ilustración 4-16:</b> Riesgos según su tipo.....	66
<b>Ilustración 4-17:</b> Estimación de Riesgos .....	67
<b>Ilustración 4-18:</b> Recorrido anterior vs recorrido optimizado de los materiales .....	70
<b>Ilustración 4-19:</b> Recorrido anterior vs recorrido óptimo de la máquina .....	71
<b>Ilustración 4-20:</b> Recomendación de método de aplicación.....	72
<b>Ilustración 4-21:</b> Proyección .....	72
<b>Ilustración 4-22:</b> Cubrir para evitar irregularidad .....	73
<b>Ilustración 4-23:</b> Superficie homogénea en un gran porcentaje .....	73
<b>Ilustración 4-24:</b> Tiempo de aplicación de la capa de aislante .....	75
<b>Ilustración 4-25:</b> Cantidad de pasos realizados .....	76
<b>Ilustración 4-26:</b> Distancias recorridas en el proceso.....	76
<b>Ilustración 4-27:</b> Porcentaje de optimización de los criterios para el proceso .....	77
<b>Ilustración 4-28:</b> IVA de los procesos.....	78

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** DIAGRAMA DE FLUJO FUNCIONAL CRUZADO PARA LA FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS
- ANEXO B:** DIAGRAMA DE PROCESOS ACTUAL PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO CON ESPUMA DE POLIURETANO
- ANEXO C:** DIAGRAMA DE FLUJO PROCESOS PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO DE BUSES DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL
- ANEXO D:** FICHA TÉCNICA COMPONENTES DE ESPUMA DE POLIURETANO
- ANEXO E:** FICHA TÉCNICA POLIESTIRENO EXPANDIDO
- ANEXO F:** FICHA TÉCNICA TABLERO MARINO
- ANEXO G:** ANÁLISIS AMFE DEL SISTEMA HIDRÁULICO
- ANEXO H:** HOJA DE DECISIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO
- ANEXO I:** ANÁLISIS AMFE DEL SISTEMA DE PROYECCIÓN
- ANEXO J:** HOJA DE DECISIÓN DEL SISTEMA DE PROYECCIÓN
- ANEXO K:** PROCESO DE PROYECCIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO
- ANEXO L:** HOJA DE CHEQUEO PARA EL PROCESO DE AISLAMIENTO
- ANEXO M:** DIAGRAMA DE PROCESOS OPTIMIZADO
- ANEXO N:** DIAGRAMA DE FLUJO OPTIMIZADO DEL PROCESO
- ANEXO O:** ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO PROCESO ACTUAL
- ANEXO P:** ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO PROCESO OPTIMIZADO
- ANEXO Q:** OFICIO DE CONFORMIDAD

## RESUMEN

El transporte interprovincial de pasajeros juega un papel fundamental en la economía y el desarrollo social de un país. Los buses interprovinciales transportan millones de personas cada año, y la calidad del viaje es un factor importante para la satisfacción de los pasajeros. Uno de los aspectos que influye en la calidad del viaje es el aislamiento térmico y acústico del bus. Un buen aislamiento puede mejorar el confort de los pasajeros al reducir el ruido y mantener la temperatura dentro del bus. El presente estudio se enfocó en optimizar el proceso de instalación de aislamiento térmico y acústico en buses interprovinciales, el cual presentaba serios problemas de retrasos, interferencias con otros procesos ocasionando pérdida de calidad e ineficiencia. Para ello, se utilizó una metodología deductivo-inductiva que combinó la investigación bibliográfica, la recolección de información y la investigación de campo con entrevistas a los operarios. Los resultados del estudio permitieron comprender los procesos involucrados, la importancia de la selección del material aislante y las soluciones para mejorar la gestión del proceso. A partir de lo cual generó un modelo de proceso aplicable a las necesidades del sistema de proyección de material aislante, el cual ataca las causas principales de los retrasos y reduce los inconvenientes producto del descuido y el desorden. Los resultados del estudio permitieron comprender los procesos involucrados en la instalación del aislamiento térmico y acústico, identificar las causas principales de los problemas de calidad y eficiencia, para desarrollar un modelo de proceso optimizado.

**Palabras clave:** <TRANSPORTE> <AISLAMIENTO> <ESPUMA DE POLIURETANO>  
<OPTIMIZACIÓN DE PROCESO> <GESTIÓN DE PROCESO>

0327-DBRA-UPT-2024



## SUMMARY

Interprovincial passenger transport plays a fundamental role in the economy and social growth of a country. Millions of people utilize interprovincial buses for transportation each year, and travel satisfaction is highly correlated with the quality of the trip. One aspect that influences the quality of the journey is the thermal and acoustic insulation of the bus. Good insulation can improve passenger comfort by reducing noise and maintaining temperature inside the bus. This study focused on optimizing the installation process of thermal and acoustic insulation in interprovincial buses, which had serious problems of delays and interference with other processes, leading to loss of quality and inefficiency. For this purpose, a deductive-inductive methodology was used, combining bibliographic research, information collection, and field research with interviews with operators. The results of the study allowed us to understand the processes involved, the importance of selecting the insulating material, and the solutions to improve process management. Based on this, a process model applicable to the needs of the insulation material projection system was generated, which addresses the main causes of delays and reduces inconveniences resulting from neglect and disorder. The results of the study allowed to understand the processes involved in the installation of thermal and acoustic insulation, identify the main causes of quality and efficiency problems, and develop an optimized process model.

**Keywords:** <TRANSPORT> <ISOLATION> <POLYURETHANE FOAM> < PROCESS OPTIMIZATION> < PROCESS MANAGEMENT >



Lic. Angela Cecibel Moreno Novillo  
0602603938

## INTRODUCCIÓN

El transporte terrestre interprovincial en Ecuador se caracteriza por su dinamismo y por ser un pilar fundamental para la conexión entre ciudades, provincias y regiones. Los buses, como principal medio de transporte en el sector, juegan un papel crucial en la vida diaria de la población, facilitando el traslado de personas y bienes a lo largo del país. Brindar condiciones adecuadas de viaje a los pasajeros es una responsabilidad para las empresas de transporte y los fabricantes de buses. La seguridad, la comodidad, el confort y la salud son aspectos que no pueden ser dejados de lado, ya que forman parte integral de la experiencia de viaje y del bienestar de los usuarios.

Para garantizar un viaje placentero y seguro, existen normas y requisitos que regulan la construcción de buses. Desde el chasis y las características de seguridad que debe cumplir, hasta la carrocería y sus especificaciones técnicas, todo está contemplado en la normativa ecuatoriana. La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323:2009 establece los requisitos generales para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías de buses en todas sus modalidades. En ella se abordan aspectos como el aislamiento térmico, acústico, ventilación, hermeticidad y ergonomía, elementos esenciales para el confort de los pasajeros (NTE INEN 1323, 2009 p. 1).

El aislamiento térmico y acústico cobra especial relevancia en los buses interprovinciales, que recorren largas distancias y atraviesan diferentes zonas climáticas y geográficas. El control de la temperatura, la reducción del ruido exterior y la creación de un ambiente agradable son factores que inciden directamente en la comodidad y satisfacción de los pasajeros. Las condiciones ambientales y climáticas de Ecuador, con sus cuatro regiones naturales, suponen un desafío a la instalación del aislamiento en los buses interprovinciales. Se hace necesario, por lo tanto, optimizar el proceso de instalación para asegurar su eficacia y el cumplimiento de su objetivo.

Optimizar el proceso de instalación del aislamiento térmico y acústico en los buses interprovinciales generará beneficios para todas las partes involucradas. Para el carrocerero le permitirá ofrecer un producto de mayor calidad y competitividad en el mercado. Para el dueño del bus el prestar un servicio de transporte más eficiente y confortable a sus clientes. Y para el pasajero le permitirá disfrutar de una experiencia de viaje más placentera y segura.

El presente proyecto tiene como objetivo estudiar y optimizar el proceso de instalación del aislamiento térmico y acústico en los buses interprovinciales en Ecuador. Se busca identificar los puntos críticos del proceso actual, proponer soluciones viables y evaluar su impacto en términos de tiempo, costos y calidad. La metodología del estudio se basará en la revisión bibliográfica

sobre técnicas de instalación de aislamiento térmico y acústico en buses. Y el análisis del proceso actual de instalación en la empresa carrocera. Para proponer las soluciones de optimización del proceso. Esperando generar resultados relevantes que permitan optimizar el proceso de instalación del aislamiento térmico y acústico en los buses interprovinciales en Ecuador. Para mejorar la calidad del transporte de larga distancia en el país, brindar una mejor experiencia de viaje a los pasajeros y fortalecer la competitividad de la industria carrocera ecuatoriana.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Planteamiento del problema

El transporte terrestre interprovincial en Ecuador constituye un sector en constante evolución. Al ser uno de los principales medios de desplazamiento en Ecuador, con una participación del 60% en el mercado total de transporte de pasajeros. La extensa red vial del país, que conecta ciudades, pueblos y zonas rurales, lo convierte en una opción accesible y versátil para la población. (Fernández de Córdoba, 2017 p. 84).

La industria de construcción de carrocerías para buses juega un papel fundamental en este sector. Con más de 50 empresas carroceras activas en el país, la competencia es intensa, lo que exige a las empresas ofrecer productos de alta calidad a precios competitivos. CAR-BUSS YAULEMA es una empresa ecuatoriana con una trayectoria de más de 10 años en la fabricación de carrocerías para buses. La empresa ofrece una amplia gama de soluciones para el transporte de pasajeros, con un tiempo de fabricación promedio de 12 semanas.

Sin embargo, en el último período, la empresa ha experimentado dificultades para cumplir con los plazos de entrega, principalmente debido a problemas en el proceso de instalación del aislamiento térmico y acústico. Esta situación ha generado insatisfacción en los clientes y ha afectado la competitividad de la empresa en el mercado.

La optimización del proceso de instalación del aislamiento térmico y acústico se presenta como una oportunidad para mejorar los procesos de CAR-BUSS YAULEMA. Que destaca como una de las empresas más representativas del sector, caracterizada por su constante búsqueda de innovación y calidad.

#### 1.2. Justificación

El transporte terrestre interprovincial en Ecuador juega un papel fundamental en la vida diaria de la población, siendo uno de los medios de transporte más utilizados a nivel nacional. La industria de construcción de carrocerías para buses se ha convertido en un sector clave, ya que los buses tienen un promedio de vida útil de 20 años según la normativa ecuatoriana (Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador – ANT, 2014). Para ofrecer productos de calidad y satisfacer las necesidades de los usuarios en las diversas rutas del país, los buses deben estar provistos de resistencia,

durabilidad y seguridad. Esto implica la utilización de materiales que proporcionen ligereza y maniobrabilidad a la unidad de transporte, buscando un equilibrio entre calidad, costo y beneficios tanto para los dueños de los buses como para los carroceros.

Según datos de la Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías (Canfac), la industria carrocera ecuatoriana genera alrededor de 6000 plazas de trabajo, abarcando diferentes áreas del proceso de construcción de carrocerías de buses. Dinamizando la economía de los sectores donde se ubican las empresas carroceras. Por lo cual este estudio se enfocará principalmente en el área interior de las unidades de transporte, donde buscará mejorar el confort y el bienestar de los pasajeros. La construcción actual del interior se basa en capas metálicas, de fibra de vidrio y aislantes para mantener la seguridad y el confort durante el viaje.

Con la finalidad de brindar alternativas de valor en cuanto al proceso, materiales, costo, mantenimiento y tiempo de instalación, se plantea estudiar y analizar las ventajas del uso de materiales alternativos como la espuma de poliuretano o el poliestireno expandido para el aislamiento térmico y acústico. Planteando a la optimización del proceso de aislamiento térmico y acústico en buses interprovinciales como una iniciativa básica para mejorar la calidad del transporte y la competitividad del sector. Proponiendo contribuir mediante un análisis profundo del proceso actual y la búsqueda de soluciones innovadoras y eficientes.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Estudiar y optimizar el proceso para la instalación del aislamiento térmico y acústico en la construcción de carrocerías para buses de transporte interprovincial de pasajeros

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

Analizar los materiales usados para el aislamiento térmico y acústico de las unidades de transporte interprovincial.

Caracterizar el proceso utilizado para la instalación de aislantes térmicos y acústicos, sus ventajas y desventajas en relación con los materiales.

Estudiar los procesos, alternativas y costos involucrados en la instalación del aislamiento térmico y acústico en las carrocerías.

Optimizar el proceso para la instalación de aislante térmico y acústico en la construcción de carrocerías de buses interprovinciales de pasajeros.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Bus

Un bus lo define la normativa ecuatoriana como “Vehículo automotor diseñado para el transporte de pasajeros compuesto por un chasis y una carrocería acondicionada para el transporte de pasajeros con una capacidad de hasta 90 pasajeros, incluido el conductor.” (NTE INEN 1668, 2015 p. 3).

Entonces podemos afirmar que el vehículo fue diseñado para el transporte de personas de un punto a otro, de manera cómoda y segura. Conformado por dos partes principales: el chasis y la carrocería, el chasis generalmente lo proporciona cualquier casa comercializadora de vehículos pesados del país. Principalmente en función de la disponibilidad y preferencia del dueño al seleccionar una marca y modelo en específico.

Con el chasis seleccionado, el dueño encarga la construcción de la carrocería a alguna de las empresas carroceras del país. Encargadas de la gestión del proceso constructivo de acuerdo a las necesidades y preferencias del cliente.



**Ilustración 2-1:** Bus de transporte interprovincial

Realizado por: Montes, H. 2023

### **2.1.1. Chasis o bastidor**

Denominada así a la estructura con todos los órganos principales del vehículo, motor, transmisión, diferencial y ejes . En si compone un miembro estructural que permite soportar todo el bus, a los pasajeros y carga en pleno funcionamiento. Es constituido por una estructura de perfiles en forma de escalera conocidos como bastidor (NTE INEN 1323, 2009 p. 1). Los perfiles son anclados mediante uniones empernadas o remachadas que proporcionan la resistencia y durabilidad necesaria.



**Ilustración 2-2:** Chasis independiente para bus

**Realizado por:** Montes, H. 2023

### **2.1.2. Ejes**

Es el elemento que permite conectar el chasis a las ruedas, actuando como un soporte del bastidor, que transmite el peso del vehículo a las ruedas y a la vía (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016 p. 1). Constituyen el principal organo de conexión del bus con la vía como parte de los elementos no suspendidos del vehículo. Permite la transmisión del movimiento generado por el motor a las ruedas posteriores y el cambio de dirección en las ruedas delanteras



**Ilustración 2-3:** Chasis independiente de dos ejes con tracción posterior

Realizado por: Montes, H. 2023

### 2.1.3. Carrocería

Según la Norma NTE INEN 1323:2009 la carrocería hace referencia a un conjunto estructural, elementos de seguridad y confort montados en un chasis de forma fija para el transporte de personas. Dependiendo del chasis puede ser de tipo autoportante modular; que en su diseño conforma parte del bastidor. Incluyendo la estructura para anclar los equipos mecánicos y eléctricos. (NTE INEN 1323, 2009 p. 1).

Una carrocería puede ser de tipo independiente al ser montada sobre un chasis con bastidor de tipo escalera. Conformado por perfiles estructurales metálicos, en su mayoría de acero al carbono que soportan los elementos y cargas del bus.



**Ilustración 2-4:** Carrocería de bus sobre chasis independiente

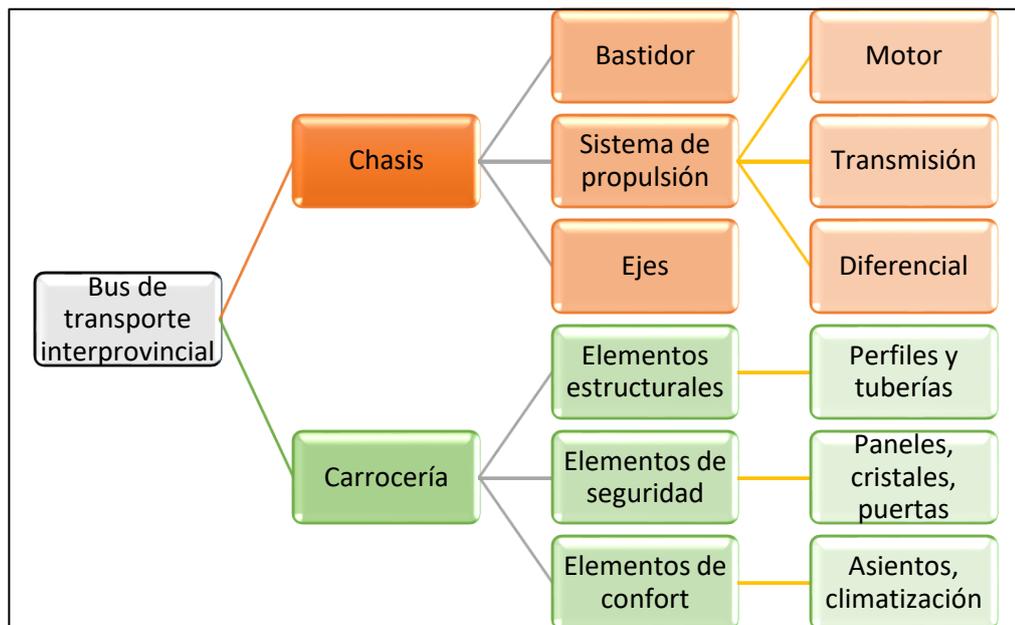
Realizado por: Montes, H. 2023



**Ilustración 2-5:** Construcción de carrocería autoportante chasis modular Scania k360

Fuente: (Recorriendo Rutas en Ecuador, 2022)

#### 2.1.4. Partes que conforman el Bus de transporte interprovincial



**Ilustración 2-6:** Partes de un bus

Realizado por: Montes, H. 2023

#### 2.1.5. Peso del vehículo en vacío o tara (Pv)

Valor nominal del peso del vehículo, según lo indicado por el fabricante, incluyendo todo el equipo estándar que requiere para su funcionamiento normal (NTE INEN 2656, 2016). Considera todos los elementos con los que debe contar el vehículo para funcionar. Tales como el motor, caja

de cambios, diferencial, ejes y ruedas. Además el combustible al 95% de la capacidad, rueda de emergencia, extintor de incendios, herramientas, entre otros.

### 2.1.6. Carga muerta (Cm)

El peso total de la carrocería lista para la operación, incluidos todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes o accesorios (NTE INEN 1323, 2009). En el caso de los vehículos de transporte de pasajeros se incluyen elementos eléctricos, seguridad, amenidades y de confort. El peso del aislamiento puede aumentar la carga muerta y por lo mismo disminuir la capacidad de carga del vehículo.

### 2.1.7. Carga viva (Cv)

Hace referencia a la carga debido a la ocupación del bus. Distribuida de forma uniforme en los elementos estructurales de la carrocería. (NTE INEN 1323, 2009) Es descrita en la Tabla 2-1: Cargas vivas de diseño según el tipo de servicio que presta el bus. Considera cualquier elemento que sea ajeno al bus o sus accesorios. Los pasajeros o los objetos personales que pueda trasladar en forma de equipaje de mano o en bodega entran en la categoría.

**Tabla 2-1:** Cargas vivas de diseño

TIPO DE SERVICIO (ver nota 3)	MASA DE UN OCUPANTE (kg)	MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE DE MANO POR PASAJERO (kg)	MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE A TRANSPORTARSE EN BODEGAS PORTA EQUIPAJES (kg) (ver nota 4)	ESPACIO NECESARIO POR PASAJERO DE PIE (m <sup>2</sup> )
Urbano	70	-	-	0,16
Urbano (escolar e institucional)	70	-	-	Sin pasajeros de pie
Interurbano (Intraprovincial)	70	5	100 x Vol	0,16
Larga Distancia (Interprovincial y turismo)	70	5	100 x Vol	Sin pasajeros de pie

Fuente: NTE INEN 1323, 2009

La carga viva del tipo de bus de larga distancia refiere al número de pasajeros u ocupantes capaz de transportar, su equipaje de mano y el equipaje en bodegas. En promedio un bus de transporte interprovincial lleva 40 pasajeros con sus bienes. Donde la carga viva del bus alcanza valores de

aproximadamente de 4000 o 5000 kg. Tomando en consideración que un pasajero lleve equipaje de mano de 5 kg y un equipaje en bodega en promedio de 30 kg.

#### **2.1.8. *Peso Bruto Vehicular (PBV)***

Peso total del vehículo, definido como la suma total del peso en vacío (tara) más la carga técnicamente admisible declarada por el fabricante (NTE INEN 2656, 2016). Suma de todo el peso del chasis, la carga muerta y la carga viva, como evidencia la ecuación 1. Por lo general el vehículo está homologado con su PBV para ser categorizado en la normativa ecuatoriana.

$$PBV = Pv + Cm + Cv \quad ( 1 )$$

Dónde:

Pv = tara o peso del chasis vacío

Cm = Carga muerta, peso de la carrocería y accesorios

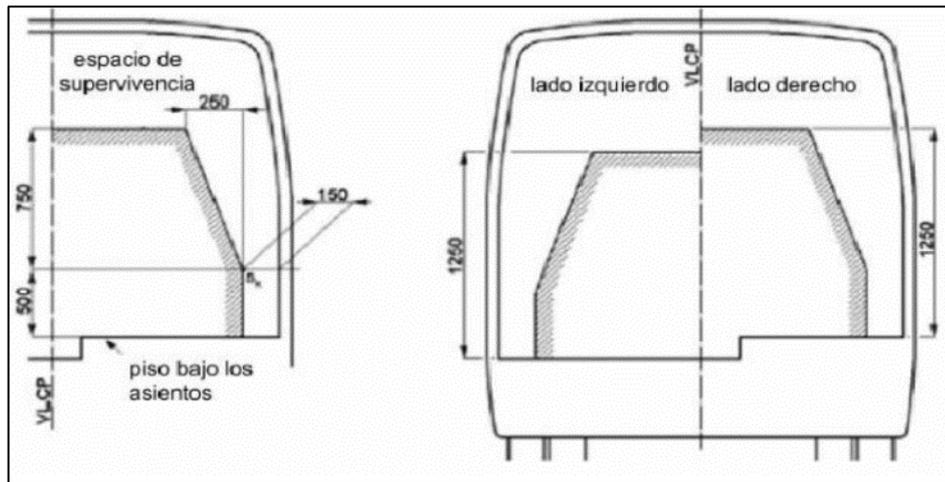
Cv = Carga viva, peso de los ocupantes y su equipaje

#### **2.1.9. *Capacidad de carga***

Peso máximo admisible para el chasis o la carga útil máxima emitida para la cual fue diseñado el vehículo dado por fabricante del chasis (NTE INEN 1323, 2009). Al tener en cuenta que un bus se define como un vehículo para más de ocho pasajeros, el conductor y el equipaje (Cv). Además el peso de la carrocería y sus accesorios (Cm). Es la suma de toda la carga que puede sumar a la tara o peso del chasis hasta alcanzar el Peso Bruto Vehicular Homologado.

#### **2.1.10. *Espacio de supervivencia***

Volumen que obtenido del compartimento de ocupantes, desplazando en línea recta el plano vertical y transversal (NTE INEN 1323, 2009). Considera el habitáculo del vehículo, donde se debe garantizar que no sea invadido para asegurar la supervivencia de los pasajeros en caso de cualquier percance. Asegura la posibilidad de que los ocupantes no sufran lesiones graves que puedan comprometer su vida.



**Ilustración 2-7:** Especificación del espacio de supervivencia lateral

Fuente: (NTE INEN 1323, 2009 p. 2)

Considera el punto  $S_R$  (Superficie de respaldo) como referencia hacia la parte inferior del asiento hasta el piso de 500 mm y hacia el techo 750 mm. Además de tomar en cuenta que la distancia desde el punto  $S_R$  hasta la pared interior lateral debe ser de 150 mm. Y las distancias entre el ultimo asiento con la pared posterior debe ser de 200 mm y del asiento adelante a la parte frontal debe ser de 600 mm como mínimo.



**Ilustración 2-8:** Especificación del espacio de supervivencia disposición longitudinal

Fuente: (NTE INEN 1323, 2009 p. 3)

### 2.1.11. Plaza

Espacio, sitio o lugar físico destinado para una persona (NTE INEN 2656, 2016). Existen vehículos donde que pueden transportar pasajeros sentados como de pie dependiendo del tipo de servicio que preste. Es el caso del transporte urbano e interurbano con plazas para pasajeros de pie. Para los vehículos de transporte interprovincial de pasajeros, debido a larga distancia de ruta, las plazas son consideradas solo con pasajeros sentados

#### *2.1.11.1. Plazas de asiento*

Cualquier asiento individual o parte de un asiento corrido diseñado para que se siente una persona adulta (NTE INEN 2656, 2016). Considera cualquier punto donde exista un asiento diseñado para que una persona adulta tome asiento, en relación al número de plazas del vehículo. Para los buses de larga distancia solo consideran las plazas de asiento para su número de plazas. Lo que no sucede en buses de corta o media distancia que permiten el traslado de pasajeros de pie.

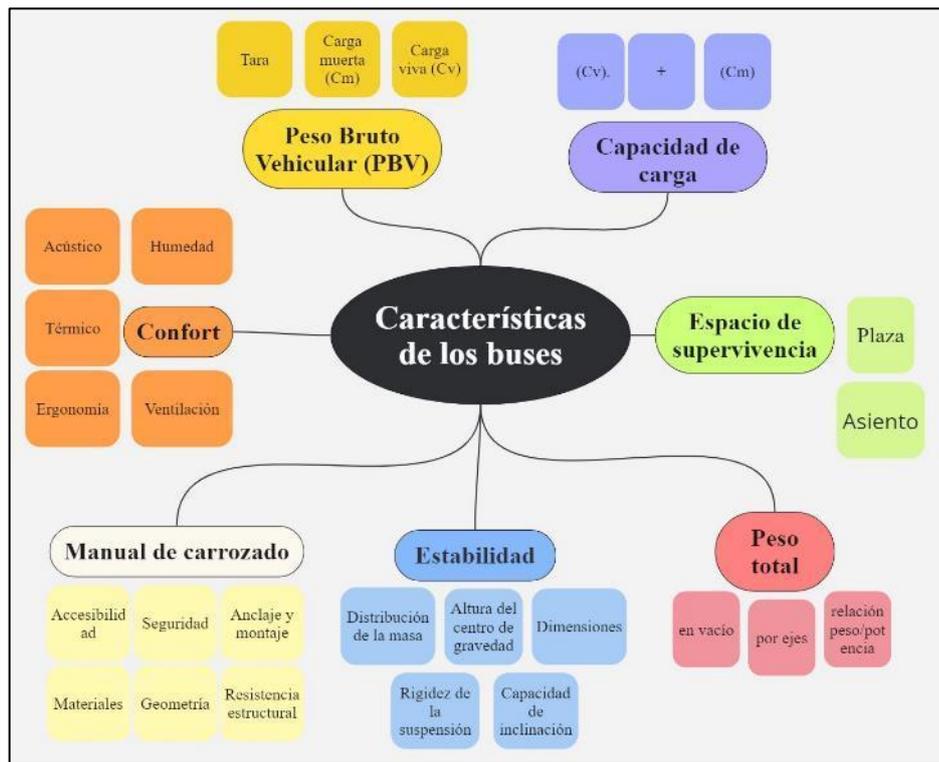
#### *2.1.12. Disposiciones generales de la carrocería*

Para el diseño de la carrocería de un bus debe considerarse ciertos aspectos de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323:2009. Toma en cuenta que el chasis debe estar especificado en el tipo de servicio de la carrocería, el PBV, la capacidad de carga de los ejes, el peso total en vacío, peso total y por ejes; además de la relación peso/potencia. En cuanto a la estabilidad considera la distribución de la masa, altura del centro de gravedad, dimensiones de la carrocería, rigidez de la suspensión y la capacidad de inclinación. Para el confort se atiende al aislamiento térmico y acústico, ventilación, hermeticidad y ergonomía.

También lo referente a mantenimiento con la accesibilidad a los elementos del vehículo, la seguridad tanto activa como pasiva. El anclaje y montaje según las disposiciones y recomendaciones del fabricante del chasis (manual de carrozado). Así como la estructura con los materiales metálicos y no metálicos, uniones, tratamientos, geometría y resistencia estructural. (NTE INEN 1323, 2009)

Ya que el vehículo al orientarse al transporte de personas debe ser lo más cómodo y seguro para garantizar el buen servicio. Con lo anterior descrito en la normativa enfocar la relación costo beneficio de todas las partes con la extensa normativa relacionada a los buses.

### 2.1.13. Características de los buses de transporte de pasajeros



**Ilustración 2-9:** Características de los buses según normativa

Realizado por: Montes, H. 2023

## 2.2. Confort

El confort alude a las condiciones apropiadas de un lugar y a los factores que influyen en las mismas para el ser humano. No se trata solamente una condición, sino de una necesidad que influye en la salud física y mental de la persona (Vigo, 2010 p. 20). Vale la pena señalar viene relacionado con la seguridad de los ocupantes. Debido a la distancia de los recorridos y las diversas condiciones por donde se transita. Resaltando la temperatura, humedad, calidad del aire y el ruido en el compartimiento de los pasajeros.

### 2.2.1. Temperatura en el compartimiento de pasajeros

Garantizar la temperatura de confort en el compartimiento de pasajeros es fundamental para un viaje placentero en buses interprovinciales, especialmente en rutas con climas variados. Para ello, se utilizan sistemas activos como calefacción o aire acondicionado, y sistemas pasivos como materiales aislantes. La temperatura ideal varía según las personas, pero generalmente se considera como no mayor a 23 °C. En verano, la temperatura dentro del bus debería ser 12 °C menor que la exterior, y en invierno, no menor a 18 °C (didcom, 2021).

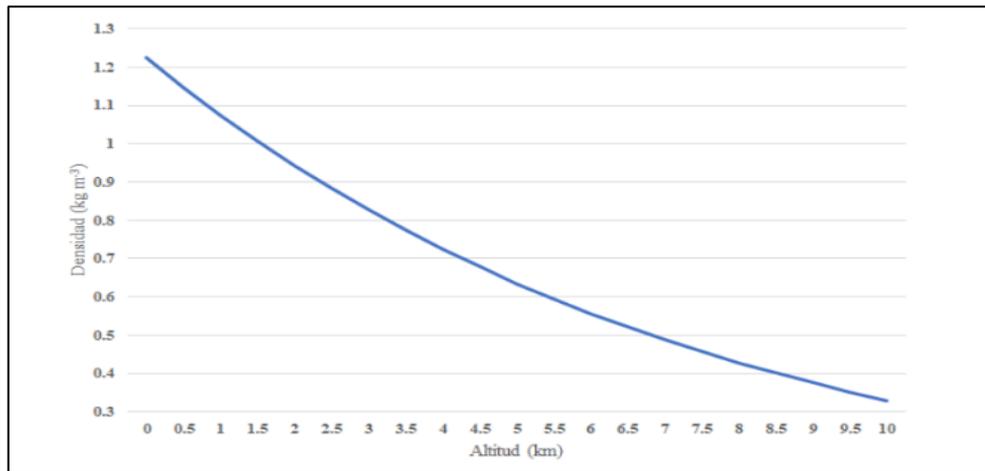
Los sistemas HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) son esenciales para mantener la temperatura adecuada, pero aumentan el consumo de combustible, lo que afecta la rentabilidad del negocio para los transportistas. En Ecuador, su instalación no es usual debido a los costos, el peso que añaden al vehículo y el consumo energético. Un estudio realizado en el país encontró un aumento en el consumo de combustible de entre 5 y 10 galones, lo que incrementa el costo del viaje entre \$15 y \$20 (Naranjo Vargas, 2017). El confort térmico no solo es importante para la comodidad del pasajero, sino que también puede influir en la seguridad vial. Un conductor con frío o calor excesivo puede tener dificultades para concentrarse y conducir con seguridad.

### ***2.2.2. Humedad en el compartimiento de pasajeros***

Al hablar del ambiente, la humedad es una propiedad que describe el contenido de vapor de agua presente en un gas. Se expresa en términos de varias magnitudes, algunas medibles directamente y otras calculadas a partir de magnitudes medidas (Martines L, 2007). La variedad de ambientes exige especificar el tipo de medición de la humedad en función de sus características.

La razón de mezcla alude a la masa de agua por unidad de aire seco, por ejemplo, 20 gramos de agua por kilogramo de aire seco (20 g kg<sup>-1</sup>). También se puede dividir por unidad de aire húmedo: 20 g de agua entre 1020 g de aire húmedo (1000 + 20, la masa de aire seco más agua). La masa de agua por unidad de aire (seco más vapor) es la humedad específica, casi sinónima con la razón de mezcla (Tajeda Martínez, 2018).

La humedad absoluta se refiere a la masa de agua por unidad de volumen de aire seco o húmedo. La masa es casi la misma, donde la densidad del aire es 1 kg/m<sup>3</sup>, aproximadamente a 1000 m.s.n.m. Sin embargo, la densidad del aire disminuye a mayor altura y a nivel del mar aumenta siendo un poco superior a 1 kg/m<sup>3</sup>, como se ilustra a continuación.



**Ilustración 2-10:** Variación de la densidad del aire (kg m<sup>-3</sup>) en función de la altitud

**Fuente:** (Tajeda Martínez, 2018 p. 35)

La humedad relativa indica el porcentaje de vapor de agua presente en el aire en relación con la máxima cantidad que puede contener a una temperatura específica. En otras palabras, es la proporción entre la cantidad actual de vapor y la capacidad máxima de vapor a esa temperatura. Es crucial destacar la estrecha relación entre la humedad relativa y la temperatura. A mayor temperatura, el aire puede contener más humedad. Esto significa que a temperaturas elevadas, la humedad relativa puede ser alta, lo que puede ser perjudicial por la proliferación de microorganismos y bacterias, además de generar incomodidad por la condensación del vapor de agua.

Por otro lado, a bajas temperaturas, la capacidad del aire para contener vapor de agua disminuye. Esto implica que la humedad relativa será baja, lo que puede reseca la piel y las mucosas, y generar problemas respiratorios. En resumen, la humedad relativa es un factor importante a tener en cuenta para la salud y el confort. Se recomienda mantenerla en un rango ideal entre el 40% y el 60%.

### **2.2.3. Calidad del aire en el compartimiento de pasajeros**

La calidad del aire en un ambiente como un bus puede ser un factor crítico, ya que pueden existir agentes contaminantes y microorganismos que afectan la salud de los pasajeros. La cantidad de contaminantes presentes en el aire que respiramos se define en seis categorías según el Índice Nacional de Calidad del Aire: buena, razonablemente buena, regular, desfavorable, muy desfavorable y extremadamente desfavorable (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019).

Los Factores que afectan la calidad del aire en buses pueden ser importantes para la comodidad y seguridad. La ventilación adecuada de un espacio es fundamental para mantener la calidad del aire. Se puede lograr mediante ventilación natural o mecánica, dependiendo del espacio analizado. Los sistemas de filtración eliminan partículas contaminantes del aire, como polvo, bacterias y virus. La tasa de intercambio de aire se refiere a la frecuencia con la que el aire del interior del bus se reemplaza por aire fresco del exterior. Una tasa de intercambio de aire adecuada es esencial para mantener la calidad del aire.

El número de ocupantes en un bus influye en la cantidad de contaminantes que se generan en el aire. La actividad que se realiza en el bus también puede afectar la calidad del aire. Por ejemplo, fumar o comer pueden generar contaminantes adicionales. La velocidad del aire también es un factor importante a considerar, ya que puede afectar la temperatura y la humedad del espacio. Una velocidad de aire demasiado alta puede generar corrientes de aire frío y molestas, mientras que una velocidad del aire demasiado baja puede contribuir a la acumulación de contaminantes. La calidad del aire en buses es un tema importante que debe ser considerado por los operadores de transporte y los pasajeros. Se deben tomar medidas para garantizar que el aire en los buses sea limpio y saludable para todos.

#### ***2.2.4. Ruido en el compartimiento de pasajeros***

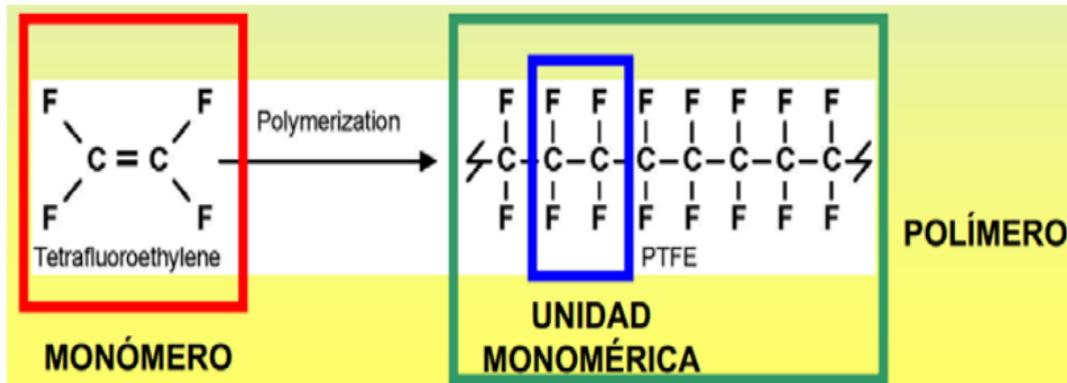
Se presenta por lo general como ruido debido al desplazamiento del vehículo, irregularidades en la vía, el viento, y otros factores externos. Lo que da como resultado una sensación de molestia y fatiga a los ocupantes, impidiendo que el viaje se realice de manera placentera. Por ello la normativa ecuatoriana considera el aislamiento interior de techo y paredes del compartimiento de pasajeros como medida de mitigación de este efecto.

La norma establece que el nivel de ruido medido a 1,2 m sobre el piso no debe superar los 88 dB con el vehículo detenido y con el motor girando al 75% del número máximo de revoluciones del motor. Considerado tanto para el asiento del conductor como para los asientos de pasajeros en cualquier punto del pasillo de circulación (NTE INEN 1668, 2015). El apartado hace alusión al uso de aislamiento térmico y acústico con una baja combustibilidad o retardadores de llama.

Usar materiales que ralenticen las llamas en caso de incendio aplica en vehículos de todas las gamas. Debido a la posibilidad de presencia de algún problema que pueda generar el inicio de un incendio. Es de significativa importancia para los materiales aislantes un valor máximo de 250 mm/min de propagación de llama según la norma ISO 3795

### 2.3. Polímeros

Los polímeros son materiales de tipo macromolecular, conformados por unidades repetitivas que se extienden a lo largo de su estructura molecular. Cada una de estas unidades se conoce como unidad constitucional repetitiva (ucr) o unidad monomérica. Las moléculas de los polímeros se forman mediante un proceso químico denominado reacción de polimerización (López Carrasquero, 2005 p. 1).



**Ilustración 2-11:** Reacción de polimerización

**Fuente:** (Cianciosi, y otros, 2014 p. 4)

En la polimerización por adición los monómeros se unen sin perder átomos, dando como resultado una cadena que es la suma de las composiciones químicas de los monómeros originales.

En cambio en la polimerización por condensación los monómeros pierden átomos al unirse, liberando moléculas pequeñas como agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) o cloruro de hidrógeno ( $\text{HCl}$ ) gaseoso.

Las propiedades de los polímeros varían según su composición química, estructura y peso moleculares. Entre las propiedades más importantes se encuentran la alta resistencia mecánica a la tracción, la compresión y la flexión. Baja densidad al ser ligeros en comparación con otros materiales. La flexibilidad por poder ser moldeados y extruidos en diferentes formas.

Además los polímeros son malos conductores de calor y electricidad siendo buenos como aislantes. Los polímeros se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo envases, textiles, para fabricar piezas de automóviles, para fabricar tuberías, ventanas, puertas y otros materiales de construcción. Aunque la producción y el uso de polímeros pueden tener un impacto ambiental significativo. Algunos polímeros son no biodegradables y pueden tardar cientos de años en descomponerse. Además, la producción de algunos polímeros puede generar emisiones de gases de efecto invernadero.

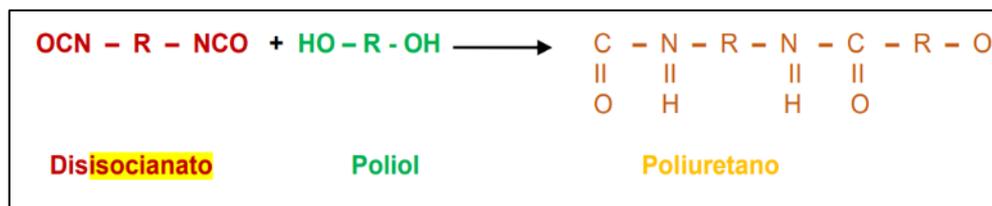
### 2.3.1. Poliuretano (PU)

Es un material en el cual su composición depende de la aplicación para la cual este orientado, en general se compone de dos productos base: el petróleo y el azúcar. Estos productos pasan por un proceso químico para obtener dos componentes líquidos: el isocianato y el polioli. (González Acevedo, y otros, 2016 p. 4) Su reacción pasa por dos etapas el gel y la expansión. En la primera parte un poco de CO<sub>2</sub> se libera y queda entre la mezcla líquida. Generando burbujas que se multiplican y expanden.

A medida que mas se expande el material menos denso resulta, debido a la espuma de la que parte. Luego la resina se endurece alrededor de las burbujas cerrando las celdas y creando una matriz uniforme. Su estructura es fuerte y mientras permanezca cerrada sera hermetico al agua y al aire. Ya mencionado su uso sera especifico y personalizado a la aplicación final con miles de adaptaciones químicas en el mercado.

#### 2.3.1.1. Composición

Al fusionarse el polioli y el isocianato generan una serie de reacciones químicas que conducen a enlaces de uretano, poliuretanos, alofanatos, ureas, cianatos y polímeros. Alcanzando alrededor de 17 reacciones químicas simultaneas resumiéndose según el siguiente esquema. (González Acevedo, y otros, 2016 p. 4)



**Ilustración 2-12:** Ecuación de reacción de formación de un poliuretano

**Fuente:** (González Acevedo, y otros, 2016 p. 5)

Los diisocianatos comprenden una estructura química formada por dos grupos funcionales isocianato (N C O). Mientras los polioli o polialcoholes son parte de la familia de alcoholes polihídricos con varios grupos hidroxilo (OH). (Elaplas, 2021) Ambos compuestos forman el uretano como un líquido viscoso y espeso que con el contacto con el aire se expande formando la estructura del poliuretano.

### *2.3.1.2. Polioliol*

Componente formado por grupos hidroxilos (OH), además de agentes espumantes expansivos y aditivos tales como las aminas, siliconas, agua, catalizadores organometálicos e ignífugos. De tal manera que la combinación de estos componentes condiciona la reacción y genera una estructura con más del 90% de celdas cerradas, influyendo en el color y apariencia de la espuma. (González Acevedo, y otros, 2016 p. 4) Es un líquido de apariencia acuosa y espesa casi transparente, similar al jarabe de azúcar. Cuando lo emplean para el proceso de proyección tiende a generar espuma y derrames al descuidarlo.

### *2.3.1.3. Isocianato*

Se encuentra determinado por el contenido de grupos funcionales isocianato (N C O), formulado como Difencil Metano de Disisocianato (MDI). Con el fin de proporcionar estabilidad térmica, resistencia a la combustión e influye directamente en el proceso de reactividad y adherencia de la espuma. (González Acevedo, y otros, 2016 p. 4) Viene como un líquido de apariencia espesa y de color ámbar debido al contacto con el aire. Lo que da a la espuma de poliuretano su color amarillento claro. Debido a su naturaleza tiende a generar un aroma penetrante y reacciones muy exotérmicas.

## **2.3.2. Métodos de aplicación**

La aplicación del poliuretano está relacionada estrechamente con la formulación de sus dos componentes, polioliol e isocianato, las condiciones necesarias para actuar como impermeabilizante dependen también de las condiciones del equipo usado para la aplicación. En general los equipos más extendidos alrededor de esta industria son con el método de proyección de alta presión. (González Acevedo, y otros, 2016 p. 6)

### *2.3.2.1. Método de Proyección de alta presión*

El método usa un equipo instalado de forma que pueda desplazarse de forma maniobrable para el traslado a las zonas de aplicación de la espuma de poliuretano. En sí el equipo succiona los componentes de dos depósitos mediante bombeo simultáneo y constante con una presión de alrededor de 10 Mpa. Para pasar a una cámara donde calientan los componentes a temperaturas de  $55^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y posterior a través de mangueras calefactadas hasta llegar a la pistola o cabezal de proyección. Al final en la pistola los componentes se mezclan y son atomizados con aire a presión por una boquilla. La reacción resultante es casi instantánea al espumar y solidificarse al

contacto con el ambiente por la reacción química de los componentes (González Acevedo, y otros, 2016 p. 6)



**Ilustración 2-13:** Equipo de proyección de alta presión

**Realizado por:** Montes, H. 2023

#### 2.3.2.2. Consideraciones para la aplicación

Según (González Acevedo, y otros, 2016) la aplicación debe realizarse en forma de capas uniformes de aproximadamente 15 mm de espesor como máximo pasando multidireccionalmente. Las capas no deben exceder las 3 comprendiendo un espesor de entre 30 a 40 mm buscando la homogeneidad del aislante. La aplicación por el método de proyección a presión puede realizarse en superficies irregulares, con pendientes o incluso en superficies verticales. También puede proyectarse en techos de forma que el producto cuelgue; aislando e inmovilizando tuberías y conexiones empotradas, para después esconder tras un falso techo.

En los vehículos aun al estar sometido a constantes vibraciones la espuma de poliuretano se adhiere de tal forma que no se vence su adherencia de las superficies metálicas (González Acevedo, y otros, 2016 p. 6) Logrando permanecer fijo como una capa de material aislante en las superficies. Pudiendo generar inconvenientes cuando requiere dar mantenimiento de cualquier sistema bajo el aislante.



**Ilustración 2-14:** Aplicación de la espuma de poliuretano en superficie vertical

**Realizado por:** Montes, H. 2023

### **2.3.3. *Poliestireno expandido (EPS)***

Un polímero en forma de espuma rígida y resistente de celda cerrada. Actualmente está entre los más consumidos en el mundo junto con el polietileno, polipropileno y el cloruro de polivinilo (PVC). Generalmente lo encontramos en presentaciones de envases de alimentos, embalaje, aislamiento térmico en edificaciones, entre otros. Gracias a sus propiedades de ligereza y bajo costo el material es de fácil adquisición. (Perdomo González, y otros, 2012)

Encontramos EPS como material de protección en el transporte de ciertos productos delicados. Al tener su estructura y con la forma adecuada puede completar espacios y evitar el movimiento excesivo. Si lo cortan de la manera correcta puede encajar en espacios determinados a presión. El problema surge cuando lo manipulan de forma incorrecta por que suele generar bastantes granos que con acción de corrientes de aire se esparcen bástate dificultando su descarte.

Con sus ventajas ya descritas resulta bastante conveniente hasta el final de su ciclo de vida; donde presenta complicaciones para el proceso de reciclaje. Debido a su volumen dificulta el transporte además del método de reciclaje. Puede reprocesar este material mediante métodos de inyección o extrusión que permitan la obtención de otros productos como paneles aislantes o artículos desechables. (Zamudio Peña, 2018 p. 2)



**Ilustración 2-15:** Poliestireno Expandido (EPS)

**Fuente:** (Connor, 2019)

### *2.3.3.1. Composición*

Es un polímero vinílico que estructuralmente presenta una cadena hidrocarbonada  $[C_8H_{10}]_n$  con un grupo fenilo ( $C_6H_6$ ) unido cada dos átomos de carbono. (Perdomo González, y otros, 2012). Al ser un derivado del petróleo se caracteriza por una composición celular rígida con un 2% de base de petróleo y un 98% de aire, resultando en perlas de hasta 3 mm de diámetro para su posterior expansión. (Lesnik, 2021). Existen dos tipos de poliestireno que son conocidos como poliestireno celular rígido (RCPS), los cuales son llamados Poliestireno Expandido (EPS) y Poliestireno Extruido (XPS). (Pérez García, y otros, 2016)

El poliestireno expandido al ser un material de celda cerrada que encapsula aire en su interior presenta la estructura ideal para ser un aislante térmico. Además por su alto contenido de aire tiene una estructura ligera frente a otros polímeros más pesados. Características que le otorgan un punto a favor al encontrarlo en forma de planchas listas para su uso.

### *2.3.3.2. Fabricación*

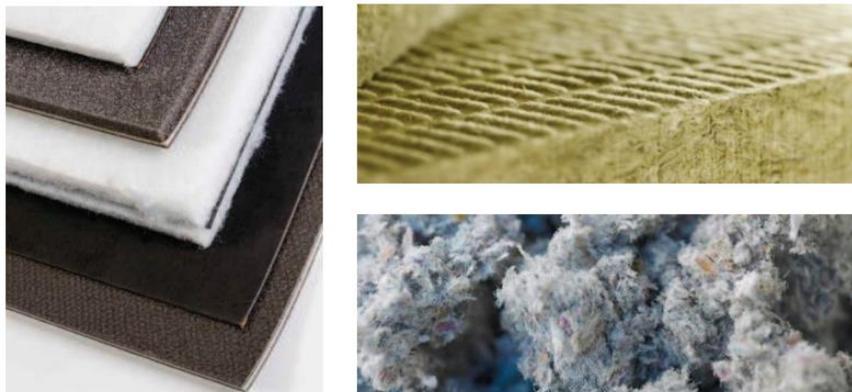
Al ser un derivado del estireno, hidrocarburo aromático líquido amarillento, es un plástico muy resistente que tiene forma de esferas. Mismas que para el EPS son expandidas en espuma por medio de calor (vapor). Este proceso de polimerización llena el poliestireno con millones de bolsas de aire lo que lo expande y lo dota de una baja conductividad térmica. Este proceso permite moldearlo en diferentes formas, pero generalmente lo forman en bloques de 2m x 0,75m x 0,75 m.

Para el Poliestireno Extruido (XPS) lo forman única y continuamente dando una geometría. Un material celular uniforme que generalmente es coloreado para su uso. Y se obtiene mediante la extrusión para obtener formas de acuerdo con una matriz de diseñada específicamente. Permitiendo tener formas sencillas o de alta complejidad según sea su aplicación.

## 2.4. Materiales aislantes

Son materiales que presentan características de aislante con una alta resistencia al paso de ciertos fenómenos como el calor o el ruido. Impidiendo o mitigando su transferencia a la cara opuesta a la fuente, considerados como un tipo de protección. (Palomo Cano, 2017 p. 7). Aprovechada para aportar seguridad, eficiencia o confort a las estructuras donde que los usan. Pueden ser construcciones, vehículos, electrodomésticos o la misma vestimenta que aprovechan las diferentes propiedades para mitigar o repeler cierto fenómeno.

Los materiales aislantes tienen composiciones que los distinguen entre sí, de manera tal que son aplicados a cierto fin en específico. En su fabricación, aplicación o las estructuras de las que forman, permiten obtener ciertos beneficios para el bienestar de los usuarios. Aportando de tal manera que la presencia de celdas cerradas les otorga una baja conductividad del calor o de las ondas sonoras.



**Ilustración 2-16:** Materiales aislantes

**Fuente:** (Palomo Cano, 2017 p. 7)

### 2.4.1. *Propiedades de los materiales aislantes*

Los materiales con esta característica de aislante son aquellos que presentan una alta resistencia al paso de ciertos fenómenos como el calor o el ruido. Aportando de manera significativa a la

mitigación en parte de los fenómenos. Tendiendo a ser específicos para cada uno podemos aprovechar sus propiedades en relación a lo que se persigue. En el caso del calor se evita la pérdida del mismo en ambientes interiores. Razón que se presentan materiales compactos y de celdas cerradas que generan una hermeticidad.

Para el ruido como un tipo distinto de onda, aprecian una característica más de absorción. Situación que presentan las esponjas capaces de absorber las ondas sonoras o dispersarlas. Con su estructura de celda abierta son propensas a la acumulación de contaminantes como el polvo, microorganismos, hongos y bacterias. Razón que no permite su uso en los vehículos de manera extendida, además que presentan una alta inflamabilidad.



**Ilustración 2-17:** Materiales aislantes más usados

Realizado por: Montes, H. 2023

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo de investigación

##### 3.1.1. *Tipo de estudio*

Este trabajo tiene un carácter técnico – práctico, considerando que el estudio del proceso de aislamiento térmico y acústico es realizado mediante la investigación. Con el análisis de diversas fuentes bibliográficas como: tesis, artículos científicos y normas que engloban el proceso de aislamiento. En busca de optimizarlo y evitar así el excesivo consumo de recursos usados para la aplicación en las unidades de transporte. Con el objetivo de brindar comodidad y confort dentro del compartimiento de pasajeros del vehículo manteniendo la eficiencia del sistema.

##### 3.1.2. *Investigación bibliográfica*

La investigación fue desarrollada obteniendo la información necesaria de trabajos afines, normas, manuales y documentos técnicos. Al considerar que el proceso requiere de ciertas condiciones que deben ser cumplidas. Ya que los materiales usados para el aislamiento forman parte de un sistema con varias décadas en el mercado. Las especificaciones están dadas por la composición de las mezclas para obtenerlos. Así mismo los métodos de aplicación tienen especificaciones que deben estar conforme para garantizar la correcta generación del material.

##### 3.1.3. *Investigación de campo*

Al considerar un proceso industrial como tema de estudio, requiere un análisis de campo. Por esta situación la toma de datos se realizó de forma presencial con el apoyo de la empresa CAR-BUSS YAULEMA. Donde desarrollan y construyen carrocerías de buses de transporte interprovincial en su mayoría. Enfocándose en la parte del proceso de construcción donde se realiza el aislamiento térmico y acústico de los buses para la toma de datos y la optimización.

## **3.2. Técnicas de recolección de información**

### **3.2.1. *Revisión bibliográfica***

Mediante la revisión documental bibliográfica de textos relacionados con la industria del poliuretano se obtuvo la información necesaria para desarrollar de mejor manera el tema. Para realizar el análisis de las características del proceso, sus requerimientos y necesidades al aplicarlo en las unidades de transporte de pasajeros. Donde formará parte del sistema constructivo de estos vehículos. Aportando características clave para mantener condiciones adecuadas para viajar

### **3.2.2. *Observación***

Así mismo la observación del proceso permitió conocer de primera mano la instalación del aislamiento de las unidades de transporte de pasajeros en el país. Lo que facilitó el conocimiento de ciertas cuestiones directamente relacionadas con el proceso. Como los problemas que se pueden presentar debido a las fases de construcción, gestión y logística. Las implicaciones del proceso en sí, su máquina y las necesidades que tiene.

### **3.2.3. *Entrevista***

Al dialogar con los operarios encargados del proceso y emplear la entrevista libre se pudo palpar la realidad que viven los trabajadores al desarrollar esta actividad. Evidenciando dificultades relacionadas a la puesta a punto, inconvenientes con los equipos, mantenimiento, problemas con los componentes y con el proceso en general. Además de las condiciones a las que están expuestos como aplicadores de la espuma de poliuretano. Y de primera mano lo que implica este proceso para una persona externa.

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. *Método deductivo***

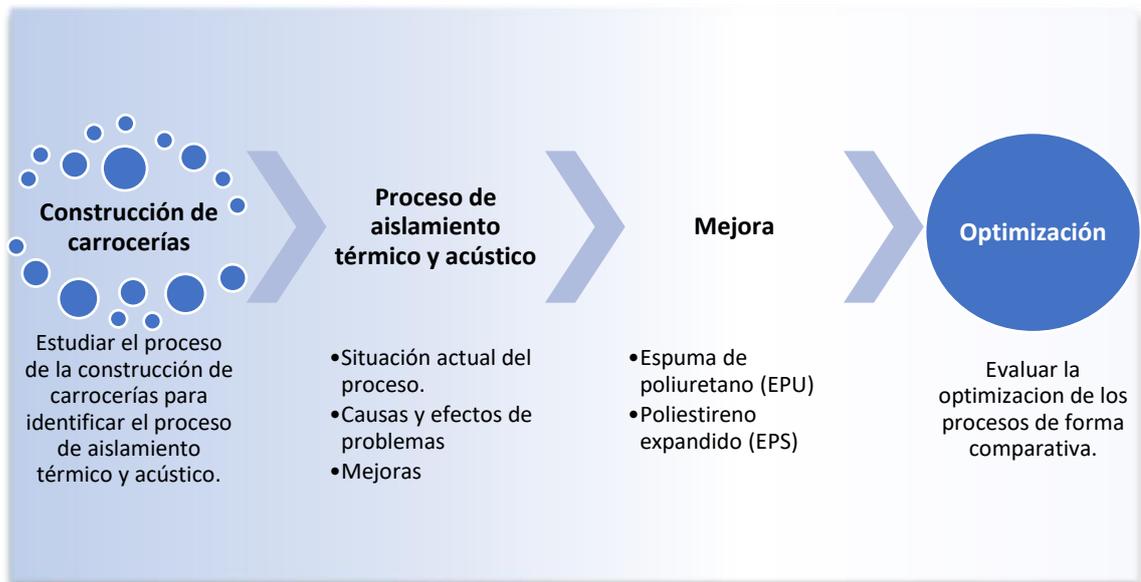
Al analizar el aislamiento térmico y acústico con espuma de poliuretano se realizó el acercamiento a lo particular. Considerando las necesidades de la industria del transporte de pasajeros y las del proceso en sí. Con la consideración de los cambios térmicos debido a las zonas climáticas del país, los componentes base del poliuretano, sus características y necesidades; así mismo los equipos necesarios para el proceso.

### 3.3.2. Método inductivo

Mediante la observación del proceso de aislamiento térmico y acústico, además el acercamiento a la construcción de las carrocerías. La consideración de las necesidades de la industria del transporte de pasajeros permite generar características de confort y comodidad. Así como economía para los transportistas que verán reflejados beneficios de parte de un bus de calidad. También en el caso del carrocerero quien tendrá la confianza de ofrecer un producto de calidad cumpliendo con el cliente.

### 3.3.3. Metodología del proyecto

El desarrollo del proyecto tomará como referencia los siguientes pasos que encaminan a cumplir con los objetivos planteados. Con la finalidad de optimizar el proceso de aislamiento térmico y acústico de las carrocerías de buses interprovinciales de pasajeros. En primer lugar, comprender el proceso de construcción de las carrocerías para localizar donde se ubica el tema principal del proyecto, el proceso de aislamiento. Una vez establecida la ubicación dentro de todo el proceso, procederá a dar a conocer la situación actual. Con ayuda de las herramientas de recolección de información podrá analizar las actividades que conlleva la aplicación del material aislante.



**Ilustración 3-1:** Metodología del proyecto

Realizado por: Montes, H. 2023

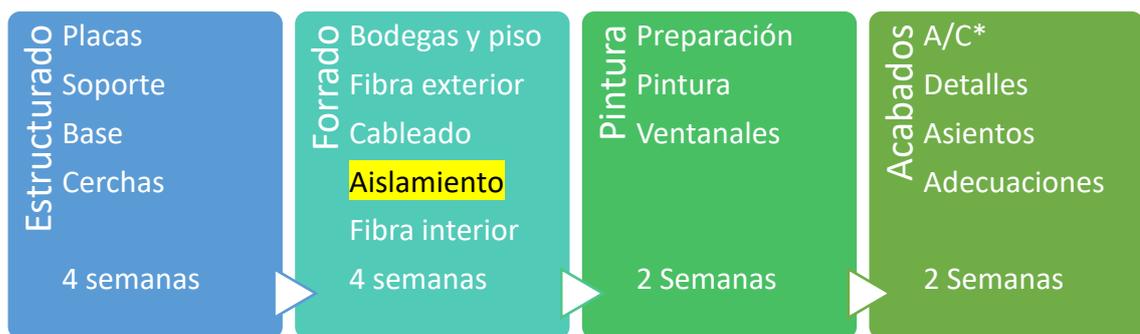
### 3.3.4. Flujograma del proceso para la construcción de carrocerías de bus

El ANEXO A detalla el proceso de fabricación de una carrocería, desde la solicitud del cliente hasta la entrega final. El proceso implica la coordinación de diferentes áreas, como diseño, planificación, logística, bodega y producción. Se establece un plazo de aproximadamente 12 semanas para la fabricación, lo que requiere una gestión precisa del tiempo para cumplir con los compromisos con los clientes.

Es crucial que el proceso de aislamiento no consuma demasiado tiempo debido a su naturaleza. Asimismo, el uso del sistema de proyección debe cumplir con ciertas condiciones previas para su correcta aplicación.

La construcción de la carrocería comienza con el desmontaje de los componentes sensibles del chasis. Se inicia con la estructuración, anclando placas al bastidor y generando la estructura base. Luego se procede con la construcción del piso, el ensamblaje de las cerchas para las paredes del compartimiento de pasajeros, para continuar al forrado con láminas de acero en las paredes externas, la construcción de las bodegas e instalación del piso de tableros marinos.

Posteriormente, se instalan los paneles de fibra de vidrio que dan forma al bus y el techo compuesto de una sola pieza rígida sobre la estructura metálica. Finalmente, se realiza la instalación del cableado eléctrico para aplicar el material aislante y ocultar su presencia.



**Ilustración 3-2:** Diagrama resumen del proceso de construcción de la carrocería

Realizado por: Montes, H. 2023

El proceso de construcción de la carrocería se resume en cuatro grupos, cada uno con tiempos aproximados que varían según la cantidad y complejidad de las tareas. El aislamiento térmico y acústico del autobús se incluye en el grupo de Forrado, ya que se lleva a cabo entre la instalación de los paneles de fibra exteriores e interiores, sirviendo como una etapa intermedia en el proceso.

#### *3.3.4.1 Características del chasis de bus de transporte de pasajeros*

Tomando en consideración el proceso de fabricación de una carrocería se debe especificar los modelos de chasis empleados en los buses. Debido a la gran variedad de opciones que se encuentran disponibles en el mercado se puede seleccionar alguna acorde a la preferencia de los clientes. En si al tener varias opciones por lo general los dueños de los buses seleccionan a gusto personal y presupuesto el modelo. En el país se trabajan por lo general con marcas como Hino, Mercedes Benz y Scania, mismas que ofrecen diferentes soluciones acordes al requerimiento.

Gran parte del mercado lo ocupa la marca japonesa Hino, misma que presenta tres modelos de chasis orientados a buses de transporte de pasajeros. Los dos principales proveedores de chasis en el Ecuador son GRUPO MAVESA y TEOJAMA COMERCIAL. Ambos ofrecen modelos de chasis para mini bus y bus según la disponibilidad

**Tabla 3-1:** Características chasis marca Hino

Hino														
Modelo	Dimensiones (LxAxH) (mm)	Motor			Cilindros	Cilindrada (cc)	Potencia (Hp)	Torque (Nm)	Peso del chasis (kg)	PBV (kg)	Capacidad eje delantero (kg)	Capacidad eje posterior (kg)	Precio inicial	
		Modelo	Posición	Norma de emisiones									Grupo Mavesa	Teojama Comercial
FC9JL7Z	8300 x 2170 x 1880	Hino / J05E-VC	Frontal	Euro III	4 cilindros en línea	5123	173	500	3150	10400	3600	7000	\$53 490,00	\$ 53 490,00
AK8JRSA	11140 x 2445 x 2100	Hino / J08EDU	Frontal	Euro III	6 cilindros en línea	7684	247	739	4765	14200	6500	9200	\$69 490,00	\$ 71 490,00
RMIESSU-XSE	11985 x 2440 x 1830	Hino / E13C-WV	Posterior	Euro III	6 cilindros en línea	12913	405	1863	6640	18000	7000	11500		\$104 500,00

Realizado por: Montes, H. 2023

**Tabla 3-2:** Características chasis marca Mercedes Benz

Mercedes Benz														
Modelo	Dimensiones (LxAxH) (mm)	Motor			Cilindros	Cilindrada (cc)	Potencia (Hp)	Torque (Nm)	Peso del chasis (kg)	PBV (kg)	Capacidad eje delantero (kg)	Capacidad eje posterior (kg)	Precio inicial	
		Modelo	Posición	Norma de emisiones									Grupo Mavesa	Teojama Comercial
OF 1726	11900 x 2520 x 2608	MB OM 906 LA	Frontal	Euro III	6 cilindros en línea	6374	228	950	5874	18100	7100	11000	\$ 74 990,00	
O 500	8920 x 2458 x 1775 *	MB OM 457 LA	Posterior	Euro III	6 cilindros en línea	11967	349	1600	6078	18500	7000	11500	\$ 115 000,00	

Realizado por: Montes, H. 2023

**Tabla 3-3:** Características chasis marca Scania

Scania														
Modelo	Dimensiones (LxAxH) (mm)	Motor			Cilindros	Cilindrada (cc)	Potencia (Hp)	Torque (Nm)	Peso del chasis (kg)	PBV (kg)	Capacidad eje delantero (kg)	Capacidad eje posterior (kg)	Precio inicial	
		Modelo	Posición	Norma de emisiones									Grupo Mavesa	Teojama Comercial
k360 B4X2	8590 x 2515 x 1716 *	SCANIA DC13 114	Posterior	Euro III	6 cilindros en línea	12740	355	1800	5980	18000	7000	11000	\$ 97 000,00	
k410 B4X2	8920 x 2458 x 1775 *	MB OM 457 LA	Posterior	Euro III	6 cilindros en línea	11967	349	1600	6078	18500	7000	11500	\$ 112 000,00	

Realizado por: Montes, H. 2023

En general la marca Hino con su modelo de chasis AK es la seleccionada por la mayoría de los propietarios de buses. Debido a las características que ofrece y a su precio más bajo dentro de la categoría. Para el modelo RM1 al ser nuevo presenta poca presencia en el mercado y va ganando terreno frente a sus competidores con motor posterior.

Las marcas Mercedes Benz y Scania al ser vehículos europeos no son muy utilizadas. Debido al costo de mantenimiento y los repuestos. Apreciadas sobre todo por sus características superiores en cuanto a potencia y capacidad de carga. Además de la característica de chasis modular \* lo que permite el alargamiento acorde a la necesidad bajo las normas que dicta la NTE INEN 1668.

**Tabla 3-4:** Largo total del vehículo

Tipo de vehículo	Número de ejes	Largo total (mm)
<b>Bus</b>	De dos ejes	10 250 a 13 300
<b>Bus</b>	De tres ejes o mas	10 250 a 15 000
<b>Minibús</b>	De dos ejes	Máximo 10 000

Fuente: (NTE INEN 1668, 2015 p. 7)

**Tabla 3-5:** Altura total máxima

Tipo de vehículo	Altura máxima (mm)
<b>Bus</b>	3800
<b>Minibús</b>	3300

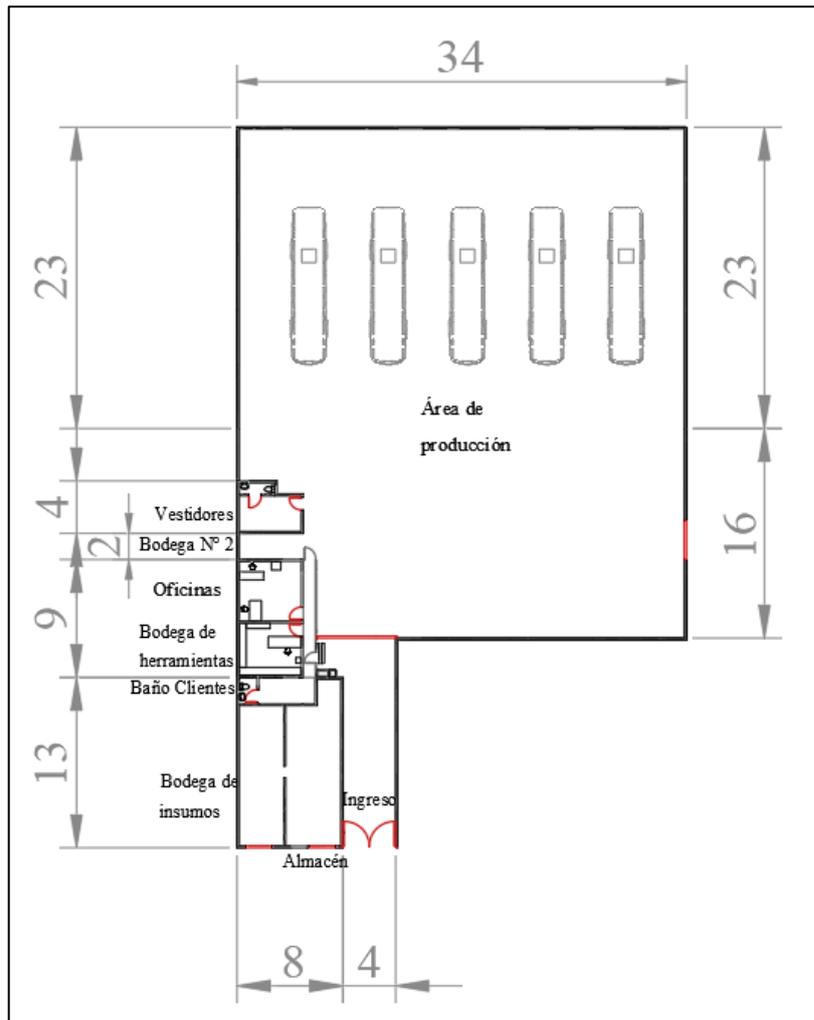
Fuente: (NTE INEN 1668, 2015 p. 7)

Los modelos Hino FC son usados para vehículos denominados minibuses. Los cuales no operan como buses de transporte interprovincial. Por lo tanto se descartan en este análisis, dejando los modelos Hino AK como los más usados para transporte interprovincial. Debido a lo anteriormente descrito se selecciona este modelo de chasis como base para el análisis, por la gran cantidad de buses de transporte interprovincial que optan por el modelo de la marca japonesa Hino.

### 3.3.5. Descripción de las áreas de la empresa

La empresa CAR BUSS YAULEMA consta de una superficie de terreno de aproximadamente 1400 m<sup>2</sup> ubicada en la Avda. Pedro Vicente Maldonado Km 2 1/2 vía a Guayaquil en la ciudad de Riobamba, donde está la planta de producción, dividida en 3 áreas:

- Área de producción
- Oficinas, bodega de herramientas y vestidores para los trabajadores.
- Almacén y bodega de insumos.



**Ilustración 3-3:** Planta de producción y sus áreas

Realizado por: Montes, H. 2023

La planta de producción está construida de tal manera que pueden acceder desde el ingreso principal al área de oficinas y bodega de herramientas. Evitando el ingresar o salir sin dar a conocer el motivo del traslado. La situación por lo general permite que los visitantes, proveedores o clientes sean atendidos de manera directa por el personal. Además que los trabajadores informen de cualquier necesidad y pueda ser solucionada de manera que no abandonen el área de producción.

Al contar con una bodega en el área exterior junto al almacén algunos de los elementos más sensibles se guardan en el área. Requiriendo que los trabajadores con apoyo del ingeniero encargado de la producción puedan acceder a la locación a obtener los elementos necesarios. También de ser el caso poder salir a adquirir cualquier elemento que haga falta para sus labores, siempre registrando su salida.

### 3.3.6. Diagnóstico de la situación actual del proceso

Con el proceso para la construcción de las carrocerías definido puede enfocarse hacia el proceso de aislamiento térmico y acústico, ilustrado a través los diagramas de procesos ANEXO B. En el caso de la industria carrocera ecuatoriana se encuentra ampliamente extendido el uso de la espuma de poliuretano. Consecuencia de las condiciones climáticas que deben sortear los buses de transporte interprovincial para llegar a sus destinos, es utilizada para mejorar el confort de las unidades.

Debido a ser parte del proceso de construcción el aislamiento de las unidades requiere el cumplimiento de ciertas condiciones. Para poder aislar las unidades el proceso de cableado e instalaciones eléctricas debe estar completo, debido que el aislante lo cubrirá en su mayoría. Al ser este un proceso externo requiere de la gestión con los técnicos encargados debido que su duración es aproximadamente de tres a cinco días.

Tomando en cuenta que el proceso de aislamiento de los buses no requiere de mucho tiempo en si para el rociado, entre 30 a 50 min. Se evidencia mediante la observación que los retrasos son producto de causas externas o problemas que surgen e interfieren con la proyección. Algunos de estos problemas son puntuales debido a su naturaleza o recurrentes debido principalmente al descuido de los procesos y el equipo utilizado.

**Tabla 3-6:** Resumen del diagrama de procesos actual para el aislamiento

RESUMEN DE RESULTADOS DE PROCESOS PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO DE BUSES DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL				
RESUMEN	SÍMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO [min]	DISTANCIA [m]
OPERACIÓN		22	309	52
ALMACENAJE		1	15	0
INSPECCIÓN		2	10	4
ESPERA		7	250	121
TRANSPORTE		6	40	161,5
OP. COMBINADA		3	46	11
Total		41	670	349,5

Realizado por: Montes, H. 2023

### *3.3.6.1. Diagrama de flujo del proceso actual de aislamiento térmico y acústico*

Para mejor comprensión se realiza el flujograma ANEXO C en base al diagrama de procesos para el aislamiento térmico y acústico de buses de transporte interprovincial. Lo que deja en evidencia que en el proceso existen demoras que retrasan el proceso. Interfiriendo con la tarea de aislamiento de las unidades hasta en dos jornadas. Debido a la necesidad de dos trabajadores para la tarea ocasiona interrupciones en la construcción de la carrocería.

### *3.3.6.2. Máquina usada en el proceso de aislamiento*

Para el proceso de aislamiento usan la máquina que permite la proyección de la espuma de poliuretano. Esta máquina se encarga de calentar los componentes que conforman la espuma. Una vez que están a la temperatura adecuada procede a bombearlos hasta la pistola de proyección. Mediante aire a presión suministrado por un compresor la pistola tiene la tarea de mezclar los componentes y proyectarlos en forma de spray.

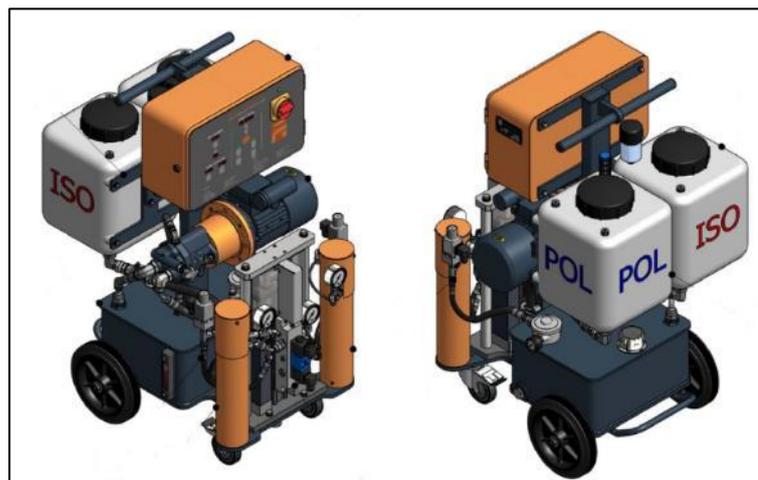
La máquina usada para el proceso de aislamiento es de la marca Gama modelo Easy Spray-H. Modelo que usa un sistema hidráulico para bombear los componentes y mantener una presión constante. Según sus especificaciones técnicas la máquina permite una producción máxima de 4 kg/min de espuma a una presión máxima de 175 bar (HI-TECH SPRAY EQUIPMENT S.A., 2023). Para lo que cuenta con un motor de 1,8 kW con cuatro calentadores, dos por componente, de 900 W.

El proceso de producción de la espuma requiere que los componentes se mantengan a una temperatura estable. Por lo que puede equipar tres tipos de mangueras que contribuyan a la estabilidad. La máquina usada dispone del kit con mangueras calefactadas de 20 m que no requieren de una fuente externa. Mismas que proporcionan un alcance adecuado para la operación dentro del bus.

En cuanto a dimensiones la máquina de proyección de espuma de poliuretano tiene 1165 x 605 x 744 mm. Con un peso de 174 kg sin producto, polioli e isocianato, ni aceite para el sistema hidráulico. La capacidad que tiene es de 22 l de aceite pero no es recomendable superar el 85% de la misma o 18 l aproximadamente. El aceite debe cumplir con las características y especificaciones de la norma DIN 51524 secciones 1 y 2; por ejemplo el aceite ISO VG 46 (HI-TECH SPRAY EQUIPMENT S.A., 2023).

Las normas alemanas DIN (Deutsches Institut für Normung, Instituto Alemán de Normalización) usa símbolos y letras para especificar las características de los aceites. El en caso de la DIN 51524 especifica en su sección 1 los análisis y ensayos que cumple un aceite HL (H hidráulico y L lubricante). Que debe contener una buena base mineral y aditivos para llegar al punto de escurrimiento requerido. En la sección 2 enfoca los aceites HLP (P significa que contiene aditivo en base a fósforo, que actúa como antidesgaste). Además ambos deben contener aditivos antioxidantes y antiherrumbre (Echeverría, 2018).

El producto usado o componentes de la espuma de poliuretano cuenta con dos depósitos de 30 l de capacidad para cada uno (HI-TECH SPRAY EQUIPMENT S.A., 2023). El fabricante recomienda no exceder el nivel de  $\frac{3}{4}$  aproximadamente para evitar derrames. Debido a que en el caso del polioliol al ser un tipo de resina a medida que calienta genera espuma. Para evitar inconvenientes en los depósitos se encuentran un filtro de aire secante para el isocianato y un silenciador para el polioliol, permitiendo el acceso de aire a los depósitos.



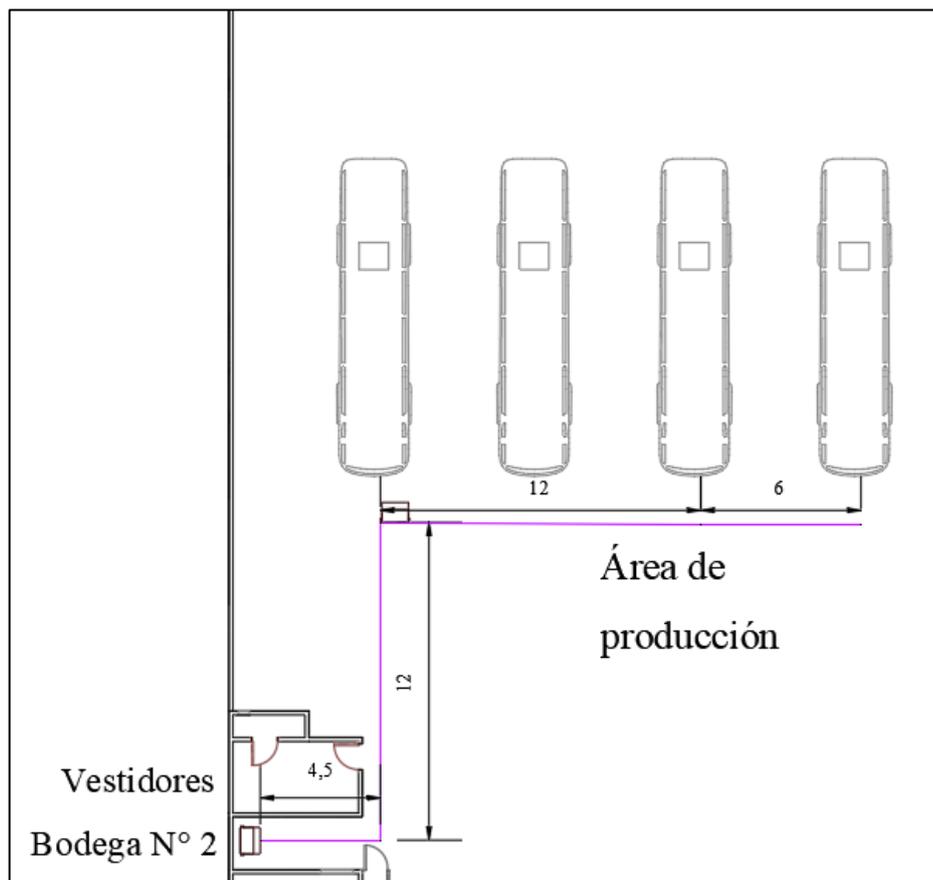
**Ilustración 3-4:** Unidad de Proyección Modelo easy spray – H

**Fuente:** (HI-TECH SPRAY EQUIPMENT S.A., 2023)

### 3.3.6.3. Recorrido de la maquina usada para el proceso de aislamiento

La máquina usada para el aislamiento térmico y acústico de las unidades de transporte interprovincial de pasajeros se almacena en un espacio del área de producción. Al ser un equipo delicado y difícil de movilizar es mejor no alejarlo demasiado. Por esta razón su ubicación en un espacio cubierto desde donde lo movilizan cuando es requerido para el proceso de aislamiento. Las condiciones de almacenamiento no son ideales debido a la presencia de componentes sobrantes en el interior de los recipientes y conductos del equipo.

Los requerimientos de los componentes de ser almacenados a cierta temperatura por su tendencia a solidificarse y generar cristales. Causan un problema grave en el interior de la máquina tapando los sistemas que conducen los componentes. Lo que genera la necesidad de limpiar periódicamente los filtros y conductos de paso de los componentes en el equipo antes de usarlo. Y al no tomar en cuenta este paso genera una demora considerable debido al taponamiento de la máquina.



**Ilustración 3-5:** Recorrido de la máquina desde el lugar de almacenamiento

Realizado por: Montes, H. 2023

La máquina debe recorrer aproximadamente diecisiete metros como mínimo para llegar al punto donde está el bus más cercano. Sin tomar en cuenta que en la mayoría de los casos la realización del proceso para dos o más unidades. Además en el sitio destinado a la producción se llevan a cabo otras partes del proceso de construcción. Lo cual presenta un ambiente adverso que requiere tener en cuenta más aspectos para evitar interferencias.

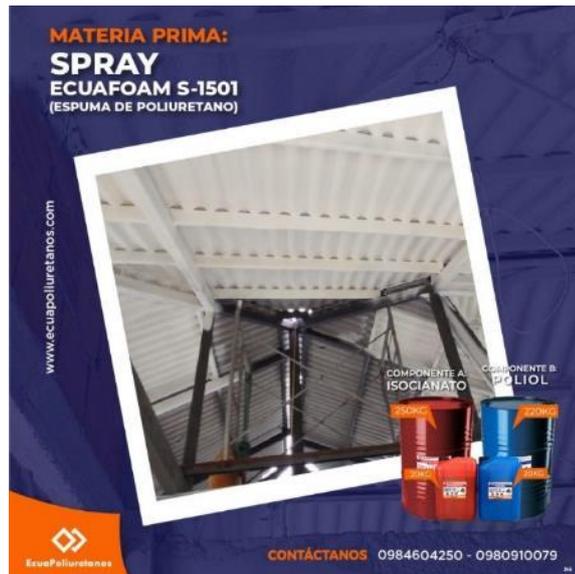
#### *3.3.6.4. Componentes usados para el proceso de aislamiento*

La espuma de poliuretano es un material formado por dos componentes adaptados a la aplicación. Adquiere sus propiedades en relación a los componentes usados para formarla. Para el aislamiento de los buses de transporte interprovincial de pasajeros usan un sistema de poliuretano ECUAFOAM S-1501. Mismo que genera una espuma rígida libre de CFC, formada por polioliol e isocianato (Ecuapoliuretanos, 2021). Que expande al ser rociada mediante la técnica de spray a alta presión y con el uso de calefactores para alcanzar la temperatura adecuada.

En el país la empresa Ecuapoliuretanos suministra los componentes y brinda el servicio de aislamiento para diversas aplicaciones. Pueden adquirir tanques de 20 kg o canecas de 250 kg con su respectivo color rojo para isocianato y azul para polioliol. El sistema requiere de una relación de mezcla de 1:1 con un rango de  $\pm 5\%$ . Los componentes son sensibles a la humedad y temperatura por ello deben almacenarlos en depósitos herméticos entre 10 y 30 °C. Debido a la posible cristalización del isocianato en temperaturas bajas y a las alteraciones en el polioliol con altas temperaturas, como pérdidas en el agente espumante e hinchamiento del tanque. Su duración bajo condiciones adecuadas es de 12 meses.

La espuma que generan con estos componentes presenta una densidad media de 35 kg/m<sup>3</sup>, una compresión se 175 a 225 kPa y una absorción de agua inferior al 3% vol (Ecuapoliuretanos, 2021). Bajo la norma UNE-EN 29470:2021, reemplaza a la norma UNE-EN 1602, se determina la densidad aparente para productos aislantes para aplicaciones en la edificación. Para el comportamiento en compresión se usa la norma UNE-EN 826 para productos aislantes para aplicaciones en la edificación. Y la norma DIN 53428:2023-09 determina la resistencia de materiales celulares frente a líquidos, vapores, gases y materiales sólidos.

Para la manipulación de los componentes de la espuma PU se requerirá protección respiratoria homologada para gases orgánicos, protección cutánea y protección para los ojos o rostro. Se debe evitar la generación de residuos al mínimo y evitar el derramamiento de los componentes. Los riesgos, toxicidad y comportamiento pueden variar acorde a las circunstancias de fabricación o procesos en los que se usen (Ecuapoliuretanos, 2021). Y según el distribuidor corresponde al usuario final determinar y darlos a conocer a quien manipula los componentes.



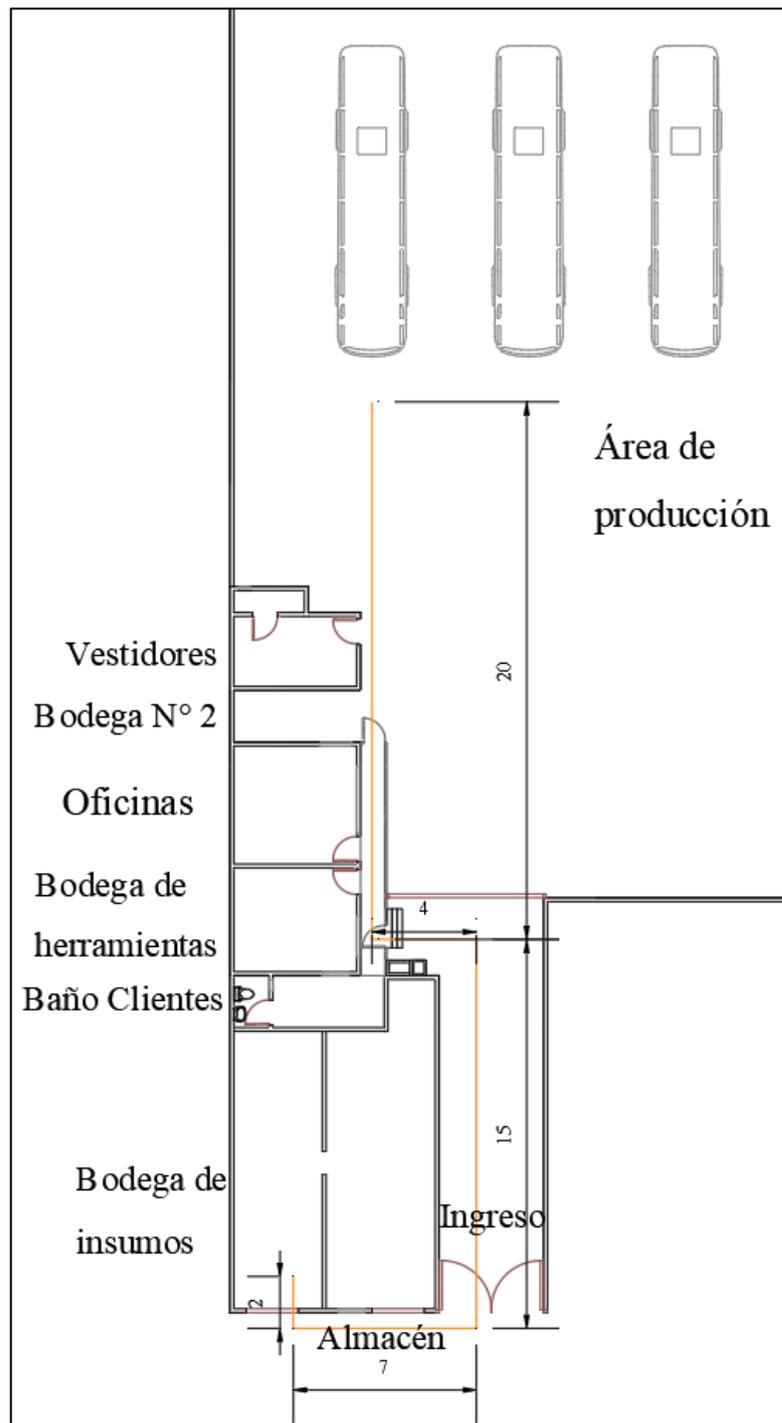
**Ilustración 3-6:** Componentes de la Espuma de Poliuretano ECUAFOAM S-150

**Fuente:** (Ecuapoliuretanos, 2021)

### 3.3.6.5. Recorrido de los componentes para el proceso de aislamiento

Se considera este punto debido que los componentes al ser adquiridos pueden venir en presentaciones de veinte o doscientos cincuenta kilogramos (Ecuapoliuretanos, 2021). Deben ser almacenados de tal forma que no sean expuestos a temperaturas muy frías. Debido que puede haber una degradación de los componentes, y por ende de la espuma PU. El componente más sensible a estos cambios es el isocianato, sometido a temperaturas frías se cristaliza.

Por esta situación prefieren pedir los componentes máximo con una semana de anticipación. Almacenarlos donde no serán afectados por la temperatura, el tránsito o donde puedan derramarse. Así son almacenados posterior a su llegada desde el distribuidor en la bodega de insumos. Desde donde serán proporcionados cuando se requieran para el proceso.



**Ilustración 3-7:** Recorrido de los componentes de la espuma

Realizado por: Montes, H. 2023

Una vez requeridos para el aislamiento de los buses deben trasladarse desde la bodega de insumos hasta donde la localización de la máquina. Solicitando al encargado para que permita el acceso a la bodega y proceder a trasladar de forma manual. Al tener las presentaciones del veinte kilogramos son llevados por el trayecto que describe la ilustración 3-6. Implica el desplazamiento de alrededor de cuarenta y ocho metros como mínimo hasta el punto de aplicación de la espuma.

### 3.3.6.6. Cantidad de componentes necesarios para el proceso de aislamiento

Para este proceso de aislamiento no está considerado un cálculo para obtener la cantidad de componentes necesarios. Según la información obtenida por parte de los operarios, los 20 kg de polioliol y 20 kg de isocianato son suficientes para la aplicación en un bus. Tomando en cuenta que en ocasiones sobra componentes estos permanecen en la máquina hasta el siguiente uso. Lo que ocasiona problemas con el funcionamiento debido a la formación de cristales.

Debido al desconocimiento de la cantidad necesaria para aislar los buses tienden a cargar los 40 kg de componentes en la máquina. Con la precaución que los depósitos no lleguen a vaciarse ya que se puede generar daños. El ayudante del proceso revisa el nivel e informa al aplicador en caso que los niveles bajen demasiado. Lo que puede ocasionar el relleno de los depósitos con más componente y quede ahí.

Teniendo en cuenta que por lo general el requerimiento de los 40 kg por unidad lo solicitan al proveedor con anticipación de una semana. Al presentar un desempeño mejor lo adquieren a la empresa Ecuapoliuretanos de Guayaquil, con un costo de aproximadamente de \$125 los 40 kg de componentes. Una vez solicitados son entregados de entre dos a tres días laborables en la planta de producción. Con ello mantienen a los componentes por poco tiempo almacenados para su uso cuando la unidad cumpla las condiciones para aislarse.

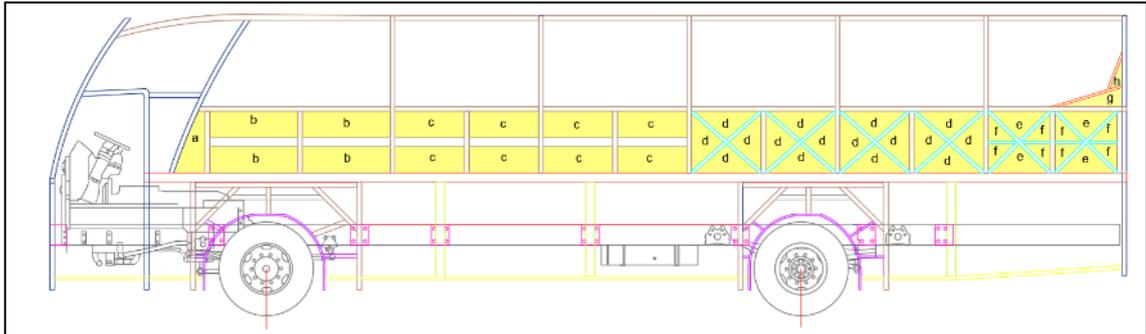


**Ilustración 3-8:** Depósitos de polioliol e isocianato con 20 kg de componentes cada uno

**Realizado por:** Montes, H. 2023

### 3.3.6.7. Dimensionamiento de la superficie a aislar

Mediante el análisis de la estructura de la carrocería podemos obtener las dimensiones estructurales. Estas medidas permitirán obtener la dimensión aproximada que requiere ser cubierta con el material aislante. Para así estimar en función a este valor la cantidad requerida de material para cubrir las superficies. En el caso del bus de transporte interprovincial de pasajeros el material aislante va en las paredes, panel posterior y el techo.



**Ilustración 3-9:** Vista lateral pared izquierda

Realizado por: Montes, H. 2023

**Tabla 3-7:** Cálculo de la superficie de pared lateral por aislar

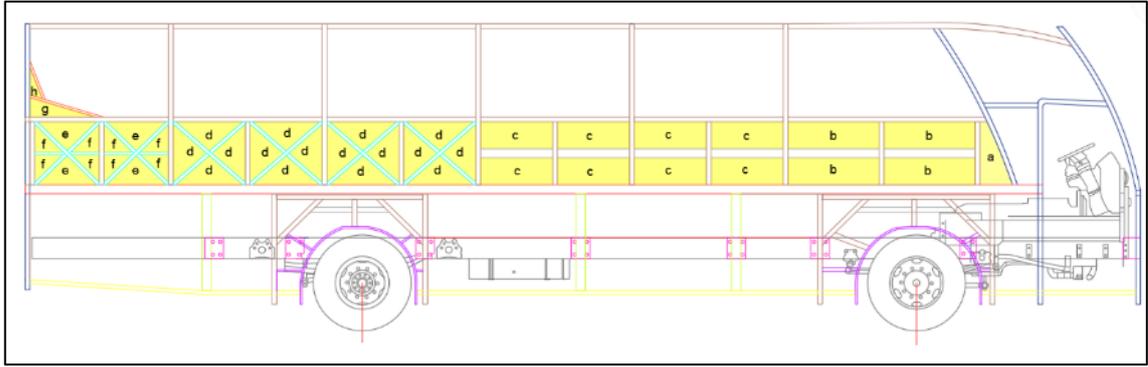
Paredes laterales			
Código	Área mm <sup>2</sup>	Cantidad	Subtotal
a	152642	1	152642
b	289100	4	1156400
c	228625	8	1829000
d	116640	16	1866240
e	103010	4	412040
f	48702	8	389616
g	76835	1	76835
h	21477	1	21477
<b>Total</b>			<b>5904250</b>
			<b>5,90425</b>

mm<sup>2</sup>

m<sup>2</sup>

Realizado por: Montes, H. 2023

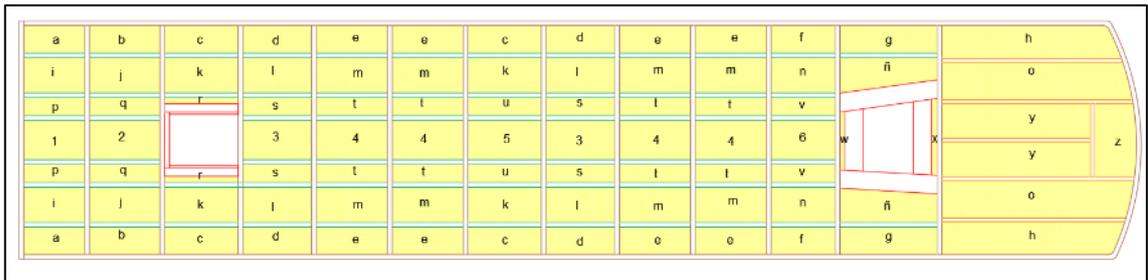
Revisando la pared lateral izquierda podemos apreciar que la superficie a cubrir tiene unas estructuras de forma triangular y rectangular. Con ayuda de los planos podemos calcular el área que debe cubrir el material aislante. Lo que resulta en un área de 5,90 m<sup>2</sup> de superficie a cubrir aproximadamente para este modelo de carrocería. De igual forma para la pared lateral derecha se comparten dimensiones por lo que su área también resulta en 5,90 m<sup>2</sup>



**Ilustración 3-10:** Vista lateral pared derecha

Realizado por: Montes, H. 2023

Para el techo apreciamos que tiene la mayor superficie y presenta en su mayoría formas rectangulares. A diferencia de las paredes laterales en el techo el aislante estará colgando de la estructura que forma la carrocería. Mediante el análisis de los planos podemos estimar cual será la superficie por cubrir. Tomando en cuenta la simetría en su diseño se realiza el cálculo.



**Ilustración 3-11:** Vista superior, techo del bus

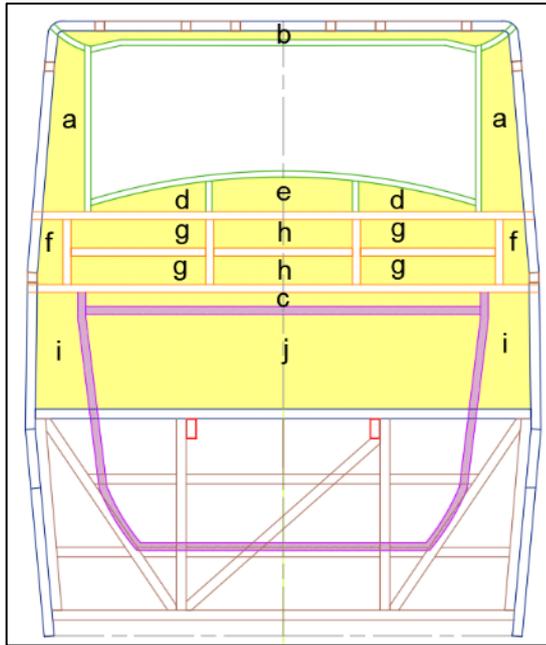
Realizado por: Montes, H. 2023

**Tabla 3-8:** Cálculo de la superficie de techo por aislar

Techo			
Código	Área mm <sup>2</sup>	Cantidad	Subtotal
a	199500	2	399000
b	231000	2	462000
c	240000	4	960000
d	225000	4	900000
e	232500	8	1860000
f	210000	2	420000
g	318000	2	636000
h	677020	2	1354040
i	256024	2	512048
j	296449	2	592898
k	307999	4	1231996
l	288749	4	1154996
m	298374	8	2386992
n	269499	2	538998
ñ	333575	2	667150
o	831034	2	1662068
p	132999	2	265998
q	153999	2	307998
r	55999	2	111998
s	149999	2	299998
t	154999	8	1239992
u	159999	2	319998
v	139999	2	279998
w	31785	1	31785
x	52812	1	52812
y	615599	2	1231198
z	358274	1	358274
1	285950	1	285950
2	331100	1	331100
3	322500	2	645000
4	333250	4	1333000
5	344000	1	344000
6	301000	1	301000
<b>Total</b>			<b>23478285</b>
			<b>23,47829</b> m <sup>2</sup>

Realizado por: Montes, H. 2023

Obtenemos una superficie de aproximadamente 23,48 m<sup>2</sup> que debe cubrir material aislante en el techo del bus. La última sección tiene que cubrir con material es la parte de atrás del compartimiento de pasajeros. Para la pared posterior del bus se usa la misma metodología en busca de estimar que superficie a debe cubrir con el material aislante.



**Ilustración 3-12:** Vista pared posterior

Realizado por: Montes, H. 2023

**Tabla 3-9:** Cálculo de la superficie de pared posterior por aislar

Pared posterior			
Código	Área mm <sup>2</sup>	Cantidad	Subtotal
a	151858	2	303716
b	104016	1	104016
c	139310	1	139310
d	58083	2	116166
e	121454	1	121454
f	39887	2	79774
g	98600	4	394400
h	101498	2	202996
i	136799	2	273598
j	929206	1	929206
<b>Total</b>			<b>2664636</b>
			<b>2,66464</b>

Realizado por: Montes, H. 2023

La pared posterior requiere cubrir un área de aproximadamente 2,6646 m<sup>2</sup> con el material aislante. Con este valor obtenemos todas las superficies a cubrir con el aislamiento del compartimiento de pasajeros. Por lo que procedemos a estimar la superficie total a cubrir.

**Tabla 3-10:** Cálculo del área total por aislar

<b>Área total para aplicar aislamiento</b>		
<b>Referencia</b>	<b>Área</b>	
<b>Pared izq.</b>	5,90	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>Pared der.</b>	5,90	
<b>Techo</b>	23,48	
<b>Pared post.</b>	2,66	
<b>Total</b>	<b>37,95</b>	

Realizado por: Montes, H. 2023

Con el valor calculado podemos tener una base de cuál es la superficie aproximada que requiere cubrir con material aislante. En el caso con la espuma de poliuretano usada como material aislante y presenta características descritas en el documento. Permitiendo orientar a la optimización del proceso, tener en cuenta que el espesor de 50 mm debido al máximo espacio disponible en la estructura.

**Tabla 3-11:** Características del material aislante

<b>Densidad de aislante</b>	35	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Espesor aislante</b>	50	<b>mm</b>
	0,05	<b>m</b>

Realizado por: Montes, H. 2023

**Tabla 3-12:** Cálculo del volumen y peso del material aislante

<b>Volumen de aislante</b>		
<b>Pared izq.</b>	0,2952	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Pared der.</b>	0,2952	
<b>Techo</b>	1,1739	
<b>Pared post.</b>	0,1332	
<b>Total</b>	<b>1,8976</b>	

<b>Peso total</b>	66,4150	<b>kg</b>
-------------------	---------	-----------

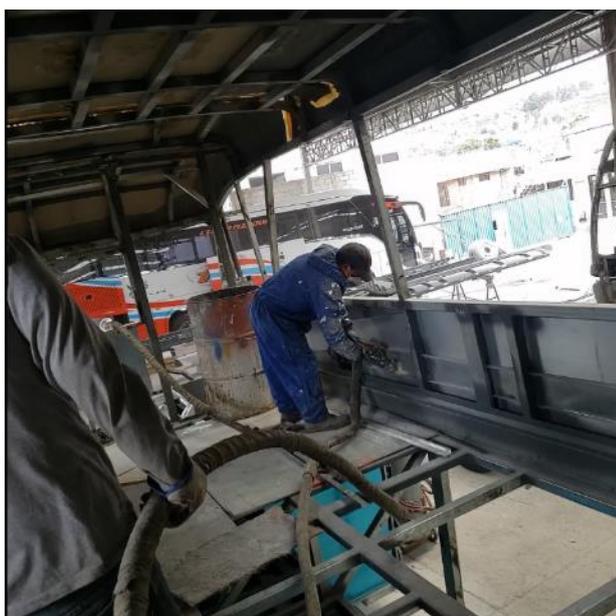
Realizado por: Montes, H. 2023

Con las condiciones anteriores podemos obtener la cantidad aproximada que requerida de componentes de espuma de poliuretano. Así podemos destacar que los 40 kg usados por lo general resultan ser insuficientes debido a que la poca uniformidad del material provoca el desface. Además que al ser un valor aproximado depende de otros factores como la expansión.

### 3.3.6.8. Mano de obra necesaria para el proceso de aislamiento

Este proceso requiere de dos personas para poder aplicar la espuma de poliuretano en los buses. Una persona está encargada de la aplicación del material en la estructura interna del bus. Su tarea comprende ir proyectando los componentes mezclados por la máquina en las paredes y techo del compartimiento de pasajeros. Mientras el aplicador realiza la proyección requiere otra persona que este cerca a la maquina controlando su funcionamiento y gestionando el desplazamiento de la manguera.

La tarea del segundo operario con el control de la máquina y los niveles de componentes de los depósitos. Además ayuda al operario encargado de la proyección con la gestión de las mangueras que conectan la maquina con la pistola de proyección. Debido a que son rígidas hasta cierto punto y con un peso considerable. Y al aislar el interior del bus deben ser introducidas por la parte donde se ubicaría el parabrisas del bus.



**Ilustración 3-13:** Operarios involucrados en la proyección de la espuma de poliuretano

**Realizado por:** Montes, H. 2023

Los operarios realizan diferentes actividades además de la aplicación de la espuma de poliuretano. Existen dos personas con el conocimiento de cómo aplicar la espuma y el funcionamiento de la máquina. Según sus palabras estuvieron presentes cuando la maquina fue adquirida y recibieron capacitación por parte de los vendedores. Debido a su antigüedad y experiencia se turnaban algunas ocasiones para el proceso sin un registro de la aplicación.

3.3.6.9. *Identificación de problemas en el proceso actual de aislamiento térmico y acústico de buses de transporte interprovincial*

Debido a la presencia de retrasos en el desarrollo del proceso de aislamiento hay identificar y priorizar. Con ayuda de una lluvia de ideas enlistar los posibles causantes de los problemas. Buscando encontrar en base a las perspectivas de los operarios y del observador su origen. Sin descuidar que la opinión de los principales actores brinda la experiencia necesaria de para determinar que sucede con el proceso.

**Tabla 3-13:** Lluvia de ideas de problemas al realizar el proceso de aislamiento

<b>Demoras en el proceso de aislamiento térmico y acústico de buses de transporte interprovincial de pasajeros</b>	
1	Filtros sucios
2	Cristalización del isocianato
3	Rotura de piezas
4	Preparación del ambiente para aislar
5	Falta de materiales
6	Almacenamiento incorrecto de la máquina
7	Depósitos sucios
8	Pistola de proyección tapada
9	Falta de línea de aire comprimido
10	Demora con los componentes
11	Transporte de la máquina
12	Malas prácticas con la máquina
13	Componentes incompletos
14	Condiciones inadecuadas para aislar
15	Demoras en procesos anteriores
16	EPP incompletos
17	Falta de organización
18	Interrupción de otros procesos
19	Falta de personal
20	Proyección deficiente
21	Inconsistencia en la uniformidad del aislante
22	Generación de desperdicios de espuma
23	Eliminación de excesos

Realizado por: Montes, H. 2023

3.3.6.10. Clasificación de problemas en el proceso actual de aislamiento térmico y acústico de buses de transporte interprovincial

Con ayuda de un diagrama de afinidad relacionamos cada una de las posibles causas de las demoras. Al tener un problema de este tipo con un proceso relacionado con la manufactura usamos las 6M para clasificar los problemas. Según esta metodología existen las categorías de método, maquinaria, medición, materiales, mano de obra y medio ambiente. Cada una relacionada con un apartado importante para cualquier proceso productivo.

**Tabla 3-14:** Matriz de afinidad de problemas en el proceso de aislamiento térmico y acústico

<b>Matriz de afinidad</b>		
<b>Método</b>	<b>Maquinaria</b>	<b>Medición</b>
Almacenamiento incorrecto de la máquina	Filtros sucios	Componentes incompletos
Transporte de la máquina	Rotura de piezas	Demora con los componentes
Preparación del ambiente para aislar	Depósitos sucios	
Demoras en procesos anteriores	Falta de línea de aire comprimido	
EPP incompletos	Pistola de proyección tapada	
Falta de organización		
Interrupción de otros procesos		
Proyección deficiente		
Inconsistencia en la uniformidad del aislante		
Eliminación de excesos		
<b>Materiales</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Medio ambiente</b>
Cristalización del isocianato	Malas prácticas con la máquina	Condiciones inadecuadas para aislar
Falta de materiales	Falta de personal	
Generación de desperdicios de espuma		

Realizado por: Montes, H. 2023

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Análisis orientado a la optimización

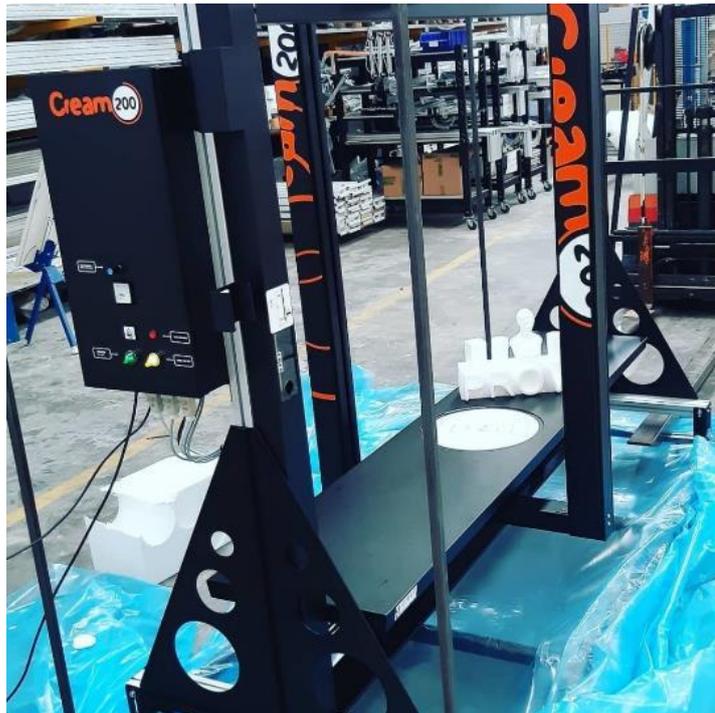
##### 4.1.1. *Uso del poliestireno expandido EPS*

Al tomar en cuenta el material conocido como espuma flex o poliespán hay que considerar algunos factores en el caso de querer usarlo para el aislamiento en esta estructura. Debido a la diferencia entre aislar una construcción en el caso de la carrocería presenta formas más pequeñas que las planchas comerciales que se encuentran en el mercado. Además que requiere de un tratamiento especial para atender a las formas y dimensiones de cada espacio a aislar implicando tiempo y mano de obra.

Aunque nos presente la característica de uniformidad del material su operación implica el uso de ciertos mecanismos de corte mediante calor. El uso de cortadores de hilo caliente para el EPS dificulta la manipulación. Además que el personal involucrado para cortar las aproximadamente 191 formas deberá contar con una precisión que solo consigue la maquinaria especializada. Situación que genera un gran inconveniente frente al otro material aislante.

Por la complicación del corte el uso de una maquina CNC de corte por hilo caliente facilitaría en gran medida la operación de preparación de las piezas. Sin tomar en cuenta el costo de la importación de la maquina y el desperdicio de material que involucra obtener las piezas. Un ejemplo de esta tecnología es la maquina CORTADORA DE HILO CALIENTE CREAM200 de la marca Nettuno Sistemi .

De procedencia italiana la máquina de corte de una capacidad adecuada para el manejo del EPS que encontramos en el mercado. Maneja un área de corte de 2000 x 1250 mm y una velocidad de corte de 10 000 mm/min (Nettuno Sistemi, 2020). Su costo puede variar de entre los tres a cinco mil dólares sin impuestos ni importación.



**Ilustración 4-1:** Cortadora de hilo caliente CREAM200

Fuente: (Nettuno Sistemi, 2020)

#### 4.1.2. Ventajas y desventajas de los materiales aislantes

Cuando se trata de aplicar el aislamiento en la estructura de una carrocería de vehículo, es fundamental reconocer que difiere considerablemente de la construcción residencial. Esto se debe a que el material aislante debe enfrentar las vibraciones y movimientos inherentes al transporte terrestre, lo que puede provocar inconvenientes durante el viaje y afectar directamente a los ocupantes. Por lo tanto, al evaluar los materiales, se examinan ventajas y desventajas específicas para su uso en vehículos.

**Tabla 4-1:** Comparativa de la espuma de poliuretano y el poliestireno expandido

Espuma de poliuretano	Poliestireno expandido
<b>Ventajas</b>	<b>Ventajas</b>
Alta resistencia térmica, $R = 1,92 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ , con una conductividad térmica $\lambda = 0.026 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$ y un espesor $e = 50 \text{ mm}$ (Martínez Chumillas, 2020)	Resistencia térmica, $R = 1,35 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ , con una conductividad térmica $\lambda = 0.037 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$ y un espesor $e = 40 \text{ mm}$ (Elaplas, 2021)
No destaca por su capacidad de absorción acústica.	Baja capacidad de absorción acústica

Buen efecto de sellado al ser un sistema continuo estanco.	No es tóxico
Versátil al ser autoadherible a varios tipos de superficies.	Absorción de agua casi nula
De fácil aplicación al poder ser rociado en forma de spray	De fácil adquisición
Ligero al presentar una densidad de 35 kg/m <sup>3</sup> (Villar, 2015)	Material ligero con una densidad de 10 kg/m <sup>3</sup> a 50 kg/m <sup>3</sup>
Alta durabilidad según el estudio de ciclo de vida, sin merma de prestaciones	Alta durabilidad y aislamiento eficaz durante la vida de la estructura
Resistencia a la humedad	Contiene aproximadamente 98% de aire
Resistencia a las plagas	Inerte y libre de clorofluorocarbonos (CFC)
Contribuye a la eficiencia energética	Altas características de amortiguación
<b>Desventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Costo de instalación alto comparado con otros materiales.	Posible combustibilidad en caso de incendio
Posibles riesgos a la salud por liberación de gases al instalar.	Su producción contribuye a la contaminación del aire y el agua
No biodegradable	No es biodegradable
Difícil de reparar si es dañada.	Difícil de reparar si es dañada.
Posible combustibilidad	Menos eficiente al tener mayor conductividad
Contribuye a la contaminación del aire y del agua.	Mala adherencia a las superficies
Dependencia a productos químicos	Sensible a la degradación por combustibles y disolventes
Potencial de emisiones de gases de efecto invernadero	Genera muchos desperdicios al desechar
Requiere de equipo especializado para su aplicación	Requiere de cortes limpios
Menor flexibilidad que otros materiales	Tiende a separarse en esferas susceptibles al esparcimiento

**Realizado por:** Montes, H. 2023

**Fuente:** (Isaval , 2023)

El poliestireno expandido (EPS) puede presentar ventajas como su ligereza y facilidad de obtención; sin embargo, también tiene desafíos al ser menos resistente térmicamente que otros materiales aislantes y con una baja densidad. Su composición principal es aire, lo que le otorga

capacidades de amortiguación al absorber golpes mediante su deformación. Sin embargo, su producción implica contaminación ambiental y su capacidad de adherencia es baja, además de su potencial degradación al entrar en contacto con determinados disolventes.

Al analizar el aislamiento de los buses, el EPS puede resultar inconveniente debido a su casi nula adherencia, lo que puede convertirse en un problema al requerir un adhesivo específico que no afecte al material. Además, al estar sometido a las vibraciones del vehículo, puede generar sonidos desagradables que afecten a los ocupantes del bus, reduciendo el confort. Por lo tanto, no parece un buen candidato para la aplicación en las unidades de transporte de pasajeros.

Evaluar el aislamiento con espuma de poliuretano en los buses requiere considerar implicaciones tales como el espesor del material, la homogeneidad y el método de aplicación, entre otros factores. Es importante valorar el costo y el peso, ya que estos aspectos son fundamentales para el carroceros y la capacidad de carga de los vehículos. Además, no olvidar los valores agregados que pueda ofrecer a la unidad.

#### ***4.1.3. Piso de la unidad de transporte***

La construcción del piso es importante para entender el aislamiento térmico y acústico en los buses de larga distancia. Se utilizan tableros de madera de tipo marino de 15 mm de espesor, que poseen resistencia a la humedad y un revestimiento que evita su deterioro. Sobre ellos se coloca una capa de moqueta de caucho de alto tránsito, que previene el desgaste y la exposición de la madera en el compartimento de pasajeros.

El piso no requiere la aplicación de material aislante, ya que el bus está construido de tal forma que las bodegas tengan por bases planchas de acero galvanizado. Donde posteriormente, se depositará la carga, las maletas o el equipaje de los pasajeros, y sobre ellas existirá una capa de aire. Esta configuración combinada a la madera y la moqueta de caucho crean una capa de aislamiento térmico y acústico entre el compartimento de pasajeros y la ruta, sin incrementar el peso ni el costo de la unidad.



**Ilustración 4-2:** Tableros marinos para piso

Fuente: (Pelíkano , 2022)

#### 4.1.4. *Análisis del tiempo del proceso de construcción*

El proceso construcción de la carrocería comienza con el estructurado. Dónde se da forma a la estructura base que servirá como soporte de la carrocería. Según el tiempo estimado disponemos de aproximadamente 20 días para completar el estructural con sus cuatro procesos. El anclaje de las placas empernadas al bastidor, la construcción de los soportes para la carrocería, la construcción de la base para el piso y el montaje de las cerchas de soporte. Cada 1 con un tiempo descrito a continuación.

**Tabla 4-2:** Análisis tiempo estructurado

Estructurado							
TIEMPO Placas	TIEMPO Soportes	TIEMPO Base	TIEMPO Cerchas	TIEMPO Total	TIEMPO disponible	Diferencia	Unidades
1440	3360	1920	2880	9600	9600	0	minutos
24	56	32	48,00	160,00	160	0	horas
3	7	4	6	20,00	20	0	días
15%	35%	20%	30%	100%	100%		

Realizado por: Montes, H. 2023

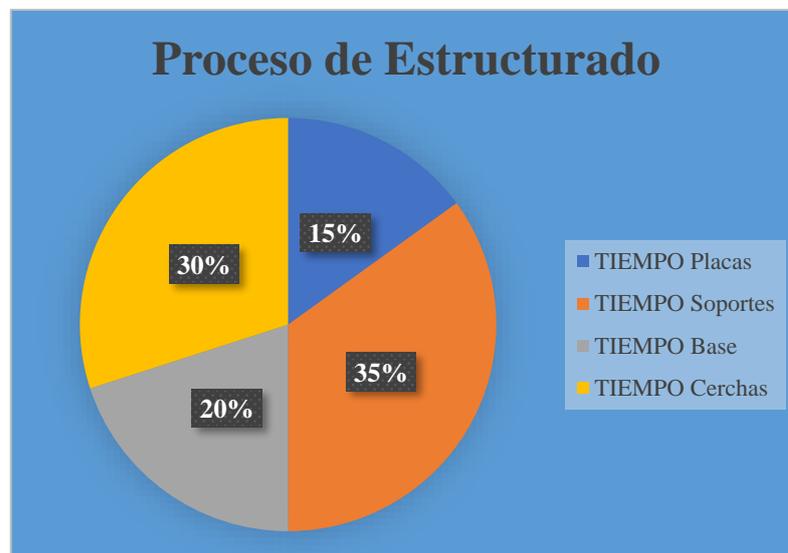
Evidenciamos que el proceso de estructurado ocupa todo el tiempo disponible de los 20 días para realizar los cuatro subprocesos que lo conforman.



**Ilustración 4-3:** Tiempo disponible vs tiempo total para estructurado

Realizado por: Montes, H. 2023

Al analizar los porcentajes podemos apreciar hoy que la construcción de los soportes representa el mayor porcentaje del tiempo disponible para el estructural con un 35%. La sigue el tiempo requerido para el montaje de las archas de soporte con un 30% del tiempo disponible. El subproceso de estructurado de la base del piso corresponde al 20% del tiempo total disponible para este proceso. Y finalmente el 15% restante no ocupa la colocación de las placas emperradas al bastidor.



**Ilustración 4-4:** Porcentajes del tiempo de estructurado

Realizado por: Montes, H. 2023

Resulta que el tiempo disponible de 4 semanas para el proceso de forrado es superado por un porcentaje del 2%. Debido principalmente al tiempo que tarda el proceso de aislamiento, que

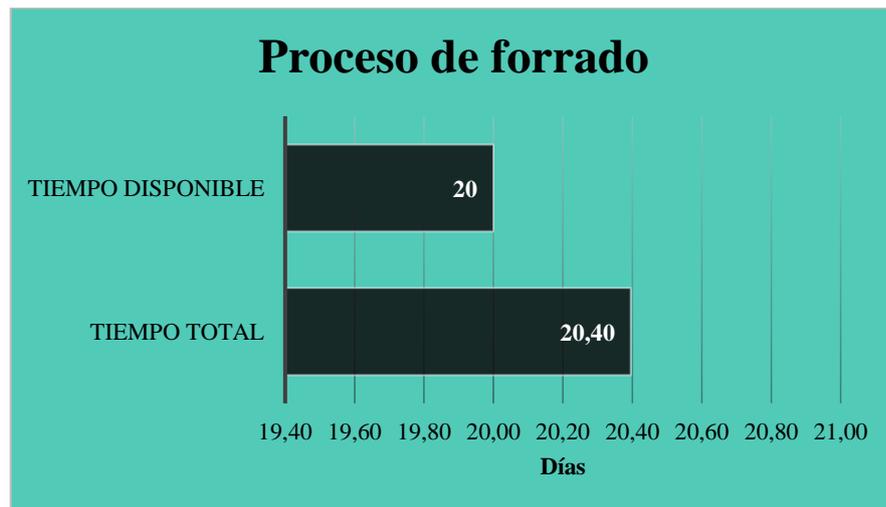
debería durar un día como máximo. Pero al analizar con una jornada de 8 h el proceso tarda 1,4 jornadas. Afectando directamente al tiempo planificado para el proceso.

**Tabla 4-3:** Análisis del tiempo de forrado

Forrado								
TIEMPO de Bodegas	TIEMPO de fibra exterior	TIEMPO de cableado	TIEMPO de aislamiento	TIEMPO de fibra interior	TIEMPO Total	TIEMPO disponible	Diferencia	Unidades
2400	1920	1920	670	2880	9790	9600	-190	minutos
40	32	32	11,17	48	163,17	160	-3,166667	horas
5	4	4	1,40	6	20,40	20	-0,395833	días
25%	20%	20%	7%	30%	102%	100%		

Realizado por: Montes, H. 2023

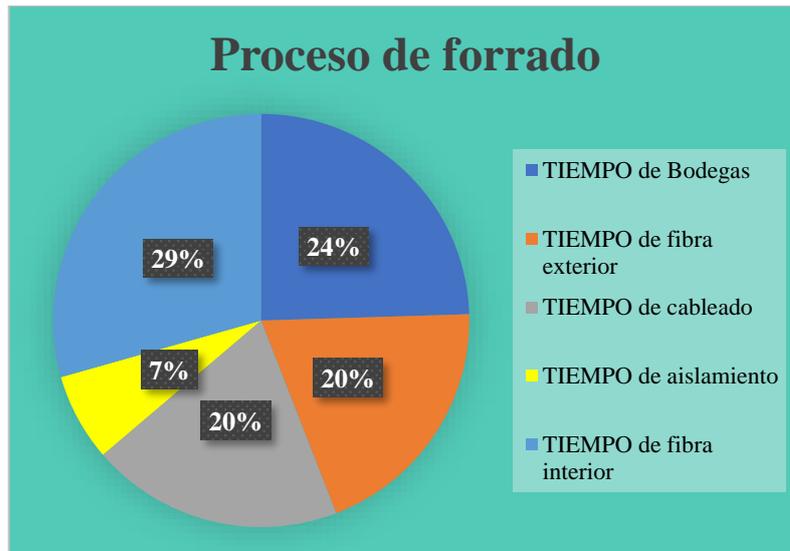
Se puede apreciar que el porcentaje extra de tiempo ocupado por el proceso de aislamiento supera el tiempo disponible para el proceso de forrado en aproximadamente 3,1 horas. Ocasionando un desfase con la siguiente operación y por ende con las demás que le sigan.



**Ilustración 4-5:** Tiempo disponible vs tiempo total para forrado

Realizado por: Montes, H. 2023

Con relación al tiempo disponible para el forrado del bus, dispone de 4 semanas, o 9600 min. Considerando que el aislamiento en este punto ocupa 670 min o 11,16 h de las 160 h que equivale el tiempo de forrado. En el gráfico de pastel podemos apreciar como interfiere con los otros procesos como fibra el proceso de aislamiento térmico.



**Ilustración 4-6:** Porcentajes del tiempo de forrado

Realizado por: Montes, H. 2023

El tiempo disponible para el proceso de pintura con sus tres subprocesos es de 10 jornadas de 8 horas. Representando el 50% del tiempo disponible, el subproceso de preparación de la superficie de la carrocería para la aplicación de la pintura. Dónde debido al retrabajo producido hoy por los retrasos en el proceso de aislamiento aumenta en una jornada extra. El subproceso de pintura al requerir de 3 días aproximadamente representa un 30% del tiempo disponible y finalmente la aplicación de los ventanales requiere de un tiempo de 2 días para quedar fijas. Debido a la mala planificación el instalador de las ventanas tiene que acudir 3 días.

**Tabla 4-4:** Análisis del tiempo de pintura

Pintura						
TIEMPO de Preparación	TIEMPO de Pintura	TIEMPO Ventanales	TIEMPO Total	TIEMPO disponible	Diferencia	Unidades
2880	1440	1440	5760	4800	-960	minutos
48	24	24	96,00	80	-16	horas
6	3	3	12,00	10	-2	días
60%	30%	30%	120%	100%		

Realizado por: Montes, H. 2023

Sí el proceso de pintura se desarrolla con normalidad la utilización del tiempo disponible será igual al tiempo total empleado. Considerando que existen problemas borra el trabajos en el subproceso de preparación. Además de una jornada extra para la instalación de los ventanales. Incrementando en un 20% el tiempo requerido para el proceso de pintura.



**Ilustración 4-7:** Tiempo disponible vs tiempo total para pintura

Realizado por: Montes, H. 2023

Del proceso de pintura el 50% del tiempo o aproximadamente 40 horas están destinadas a la preparación de las superficies para la pintura. Debido que se deben igualar las superficies, masillarlas dejarlas en el mejor estado posible. La pintura al ser aplicada por capas requerirá un tiempo de secado por lo cual en 3 días aproximadamente se completa la superficie brillante que caracteriza a los buses. Finalmente para este proceso la colocación de los ventanales se realiza aproximadamente en una jornada pero requiere tiempo para que el adhesivo seque y tenga el efecto adecuado.



**Ilustración 4-8:** Porcentajes del tiempo de pintura

Realizado por: Montes, H. 2023

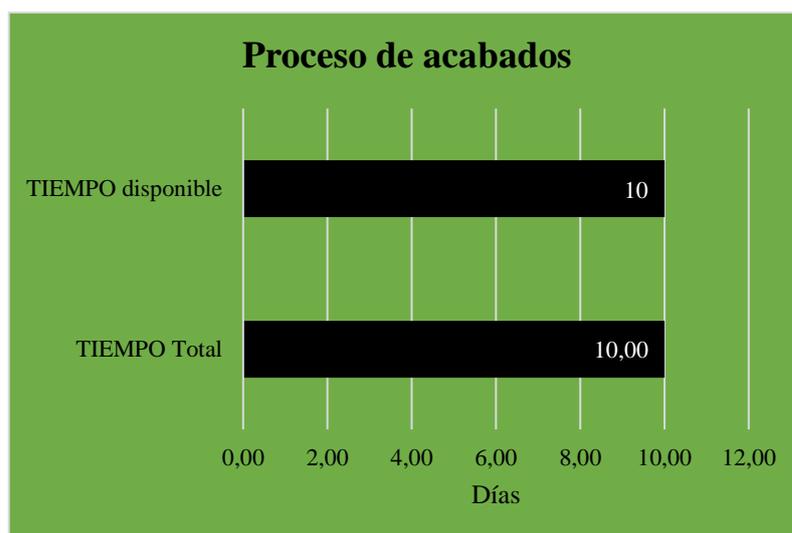
Para los acabados se requiere un tiempo de aproximadamente 10 días laborables o lo que es lo mismo 80 horas. Del cual 2 días serán destinados a la instalación de los equipos de aire acondicionado dependiendo de la preferencia del cliente. El tiempo de colocación de detalles en el interior requerirá de aproximadamente 4 días para ser completado involucrando dejar todas las superficies de forma adecuada para que no exista ningún problema a posterior. Realizado el detalle del bus la colocación de los asientos se realiza en un día por parte de un servicio externo que los fabrica. Y finalmente las adecuaciones finales permitirán garantizar que el bus se encuentre en óptimas condiciones para ser entregado al propietario.

**Tabla 4-5:** Análisis del tiempo de acabados

Acabados							
TIEMPO A/C	TIEMPO Detalles	TIEMPO Asientos	TIEMPO Adecuaciones	TIEMPO Total	TIEMPO disponible	Diferencia	Unidades
960	1920	480	1440	4800	4800	0	minutos
16	32	8	24,00	80,00	80	0	horas
2	4	1	3	10,00	10	0	días
20%	40%	10%	30%	100%	100%		

**Realizado por:** Montes, H. 2023

En sí el proceso de acabados no toma demasiado tiempo, pero involucra el uso de muchos recursos y de 2 sus procesos contratados de forma externa. Para lo cual el bus debe cumplir con las condiciones anteriores permitiendo correcto desarrollo de las actividades de cada subproceso.

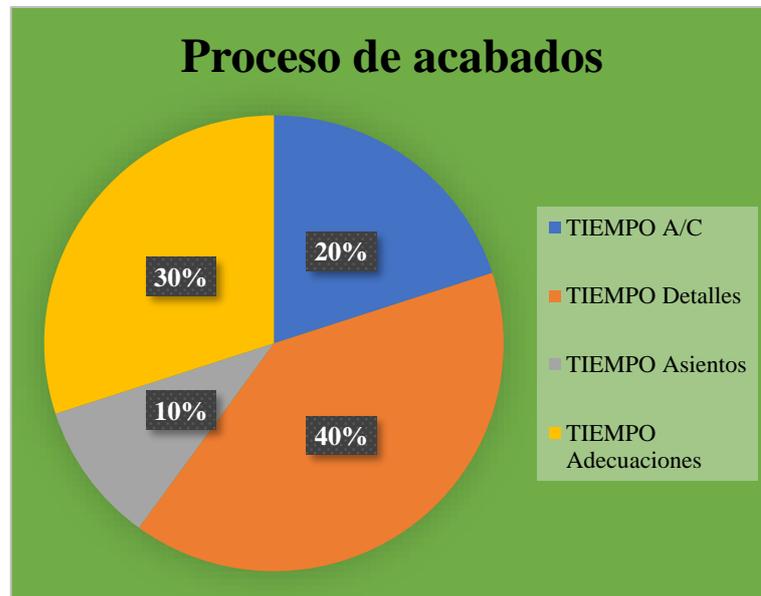


**Ilustración 4-9:** Tiempo disponible vs tiempo total para acabados

**Realizado por:** Montes, H. 2023

El detallado de la unidad de transporte es el subproceso que ocupa más tiempo con alrededor de un 40% del tiempo disponible para ser finalizado. Al final el tiempo de adecuaciones implicará el

30% del tiempo disponible este proceso. Mientras la instalación del equipo de aire acondicionado y de los asientos en su conjunto representarán 30% del tiempo disponible.



**Ilustración 4-10:** Porcentajes del tiempo de acabados

Realizado por: Montes, H. 2023

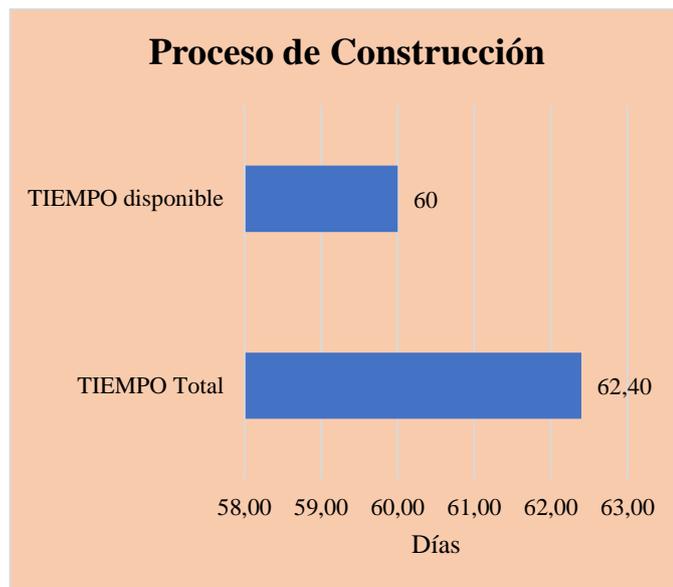
Con los tiempos definidos para cada uno de los procesos que involucra la construcción de la carrocería podemos analizar que disponemos de aproximadamente 480 horas para entregar el producto terminado al cliente. Con un desarrollo inadecuado del proceso de aislamiento térmico y acústico de la unidad de transporte afectan en un valor de 1% aproximadamente al tiempo disponible. Lo que genera complicaciones con los tiempos estimados para cada uno de los subprocesos, sobre todo cuando éstos son contratados a personas externas. Dando como resultado que la entrega del bus pueda extenderse hasta una semana más del tiempo pactado con los clientes debido a los posibles retrasos generados.

**Tabla 4-6:** Análisis del tiempo de total de construcción

Construcción							
TIEMPO Estructurado	TIEMPO Forrado	TIEMPO Pintura	TIEMPO Acabados	TIEMPO Total	TIEMPO disponible	Diferencia	Unidades
9600	9790	5760	4800	29950	28800	-1150	minutos
160	163,166667	96	80,00	499,17	480	-19,16667	horas
20,00	20,40	12,00	10,00	62,40	60	-2,395833	días
33%	34%	20%	17%	104%	100%		

Realizado por: Montes, H. 2023

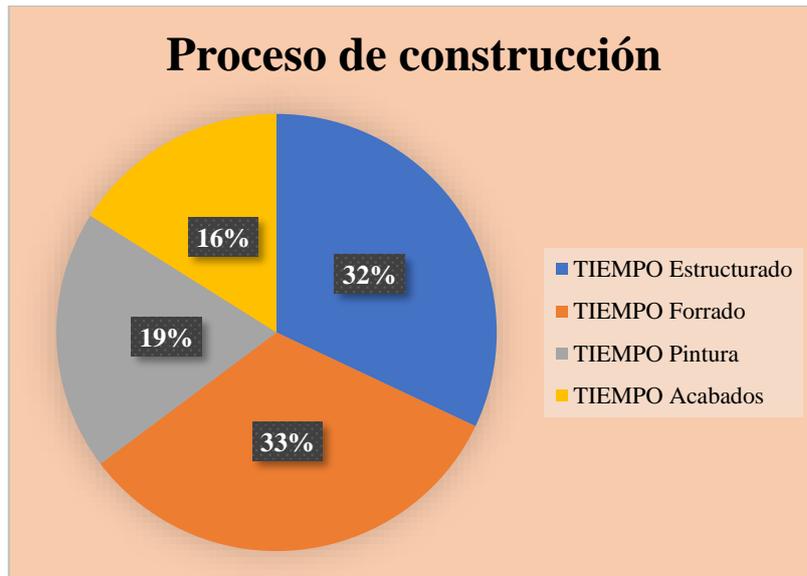
El valor añadido de casi media jornada de trabajo debido a los retrasos provocados en el proceso de aplicación del aislante en la carrocería del bus hoy alcanza los 190 minutos.



**Ilustración 4-11:** Tiempo disponible vs tiempo total para construcción

**Realizado por:** Montes, H. 2023

Los problemas derivados de un deficiente desarrollo en la aplicación del material aislante pueden resultar en un desfase del 1% aproximadamente en el tiempo asignado para otros procesos. Esto puede ocasionar inconvenientes con proveedores de servicios, como en el caso de la instalación eléctrica, los ventanales o la preparación de superficies para pintura. En ocasiones, se requieren trabajos adicionales que pueden generar complicaciones mayores, especialmente debido al calor generado durante la aplicación del material aislante en la superficie interna del bus. Este retraso podría impactar negativamente en las superficies preparadas para la pintura si no se lleva a cabo en el momento oportuno.

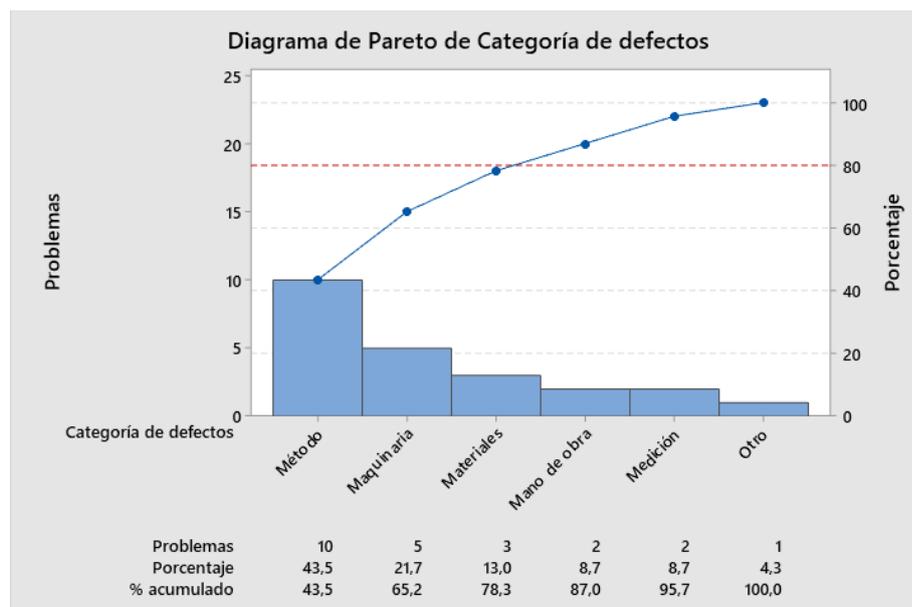


**Ilustración 4-12:** Porcentajes del tiempo total de construcción

Realizado por: Montes, H. 2023

#### 4.1.5. Diagrama de Pareto de los problemas de uso de espuma de poliuretano

Para optimizar el proceso, es necesario identificar el área que presenta mayores problemas en el aislamiento con espuma de poliuretano. Por ello, se clasifican los problemas según las categorías de las 6M para establecer relaciones y determinar qué grupo está causando retrasos significativos en la construcción. Esto permite dirigir nuestros esfuerzos de forma directa hacia las causas identificadas.



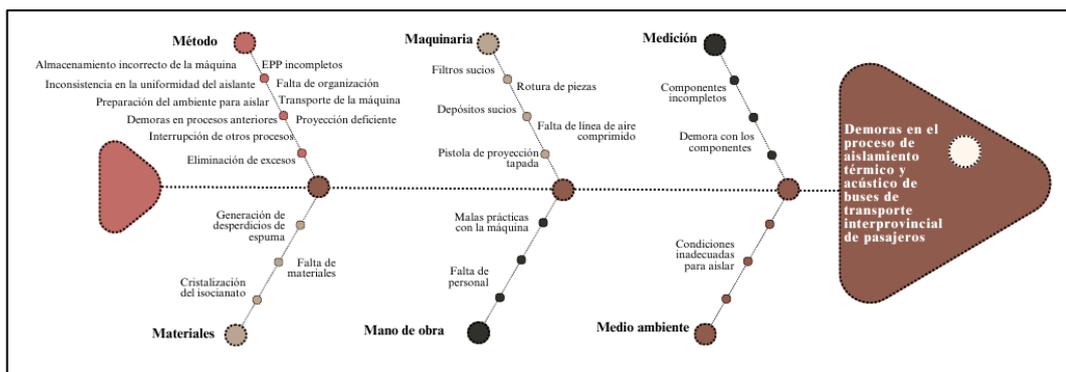
**Ilustración 4-13:** Diagrama de Pareto para el proceso de aplicación de aislamiento

Realizado por: Montes, H. 2023

Mediante un diagrama de Pareto en función a las categorías de las 6M enfocar los esfuerzos a los elementos más problemáticos será sencillo. El 80% de los retrasos aproximadamente son provocados por los problemas de las categorías Método (a), Maquinaria (b) y Materiales (d). Razón que permite dirigir esfuerzos a las categorías con la mayor cantidad de problemas.

#### 4.1.6. Problemática generada con el aislamiento con espuma de poliuretano

Con la clasificación de los problemas relacionados al aislamiento térmico y acústico de los buses podemos enfocar la optimización. Poniendo en contexto evidencia que la mayor causa inconvenientes tiene que ver con el método usado para el proceso. Así como la relación con la máquina, debido a su importancia para el proceso y el descuido, que genera inconvenientes retrasando el proceso de construcción. El diagrama de Ishikawa permitirá evidenciar la problemática y sus posibles causas.



**Ilustración 4-14:** Diagrama de Ishikawa para el proceso

Realizado por: Montes, H. 2023

#### 4.1.7. Análisis del mantenimiento de máquina para proyección

En el análisis del mantenimiento de la máquina de proyección, es crucial mantenerla en óptimas condiciones debido a su relevancia en el proceso de aislamiento térmico y acústico de los buses. Este objetivo se logra mediante un análisis detallado de los sistemas que la integran, enfocando los esfuerzos en aquellos que podrían generar mayores complicaciones y retrasos. De esta manera, se asegura la protección de la inversión que representa este equipo.

EQUIPO: Gama Easy Spray-H



**Ilustración 4-15:** Gamma Easy Spray-H

**Fuente:** (HI-TECH SPRAY EQUIPMENT S.A., 2023)

#### CONTEXTO OPERACIONAL:

La empresa CARBUSS YAULEMA se dedica a la construcción y reparación de carrocerías a nivel nacional. Ubicada en la ciudad de Riobamba presta sus servicios a las diferentes unidades de transporte de pasajeros. Uno de sus procesos involucrados en la construcción es el aislamiento térmico y acústico para lo cual usa este equipo.

Usada en la proyección de espuma de poliuretano de dos componentes para cubrir las superficies donde se requiera aplicar material aislante.

Permite también la aplicación de poliureas y algunos sistemas Epoxi, pero se enfoca en el uso del polioli e isocianato como base de la espuma PU.

La máquina se encarga de bombear ambos componentes a través de unidades de calefacción que elevan la temperatura y permiten su circulación a través de mangueras hasta la pistola de proyección.

En donde se mezclan y se pulverizan por acción de aire comprimido de una fuente externa.

#### Sistemas:

- Calefacción principal
- Hidráulico
- Calefacción de mangueras
- Eléctrico
- Control
- Proyección

Al contrastarse con otros equipos, la máquina de bombeo utiliza dos bombas de pistón de desplazamiento positivo accionadas por un cilindro hidráulico de doble válvula, garantizando un volumen constante y presión uniforme. Con este contexto, se analizan tanto el sistema hidráulico como el propio sistema de proyección, ya que ambos contribuyen a la calidad de la espuma de poliuretano y son los que generan mayor dificultad durante la proyección.

Mediante el análisis de tipología AMFE (Análisis de Fallas por Efectos), se han identificado seis efectos de falla en el sistema hidráulico ANEXO G. Las tareas propuestas para abordar estas fallas se enumeran en ANEXO H antes de emplear la maquinaria. Además, para el sistema de proyección, se han considerado ocho defectos de falla ANEXO I, y se generaron tareas propuestas previas a la operación de la máquina, junto con una tarea que debe realizarse de forma semestral ANEXO J.

#### 4.1.8. Análisis de seguridad relacionado al proceso

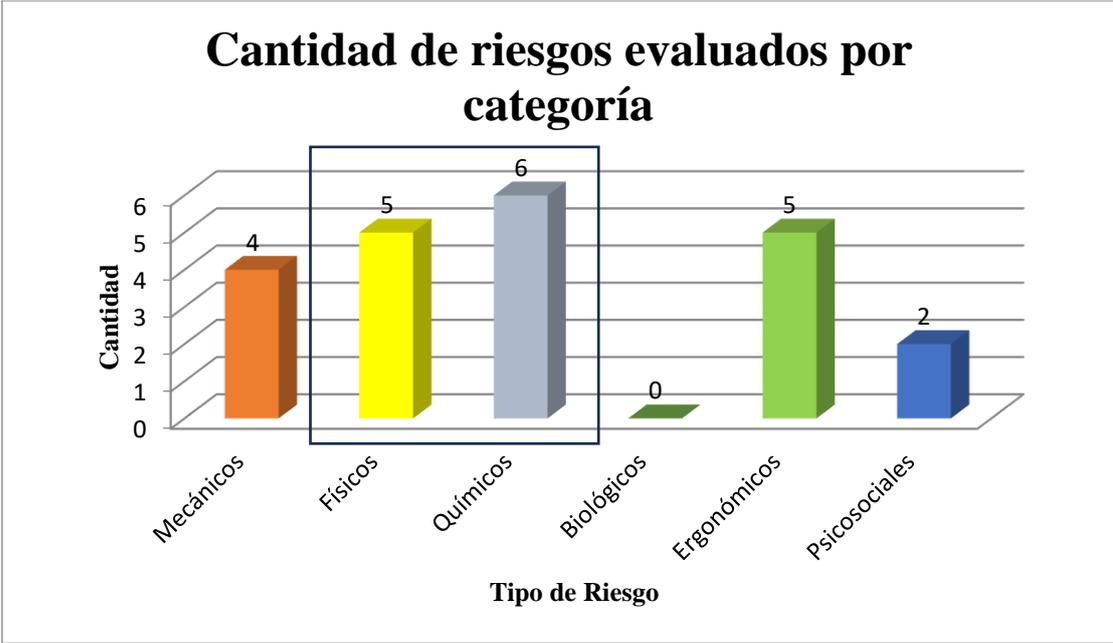
En el desarrollo del proceso de aislamiento térmico y acústico con espuma de poliuretano proyectada debe considerar ciertos aspectos que garanticen la seguridad y salud de los operarios. Es importante destacar que el distribuidor de los componentes recomienda determinar los riesgos toxicidad y comportamiento para cada circunstancia. De igual manera el fabricante de la máquina recomienda la toma de ciertos elementos para precautelar la seguridad.

Por esta situación considera la matriz de riesgos de la INSTH en el ANEXO H cómo un método para analizar los riesgos que pueden existir en el proceso. Considerando los riesgos evidenciados al momento de la proyección se pudo obtener los siguientes resultados. Tomando en cuenta la cantidad de riesgos y su estimación podemos enfocar los esfuerzos.

**Tabla 4-7:** Cantidad de riesgos por su categoría

Total de Riesgos	Mecánicos	Físicos	Químicos	Biológicos	Ergonómicos	Psicosociales
	4	5	6	0	5	2

Realizado por: Montes, H. 2023



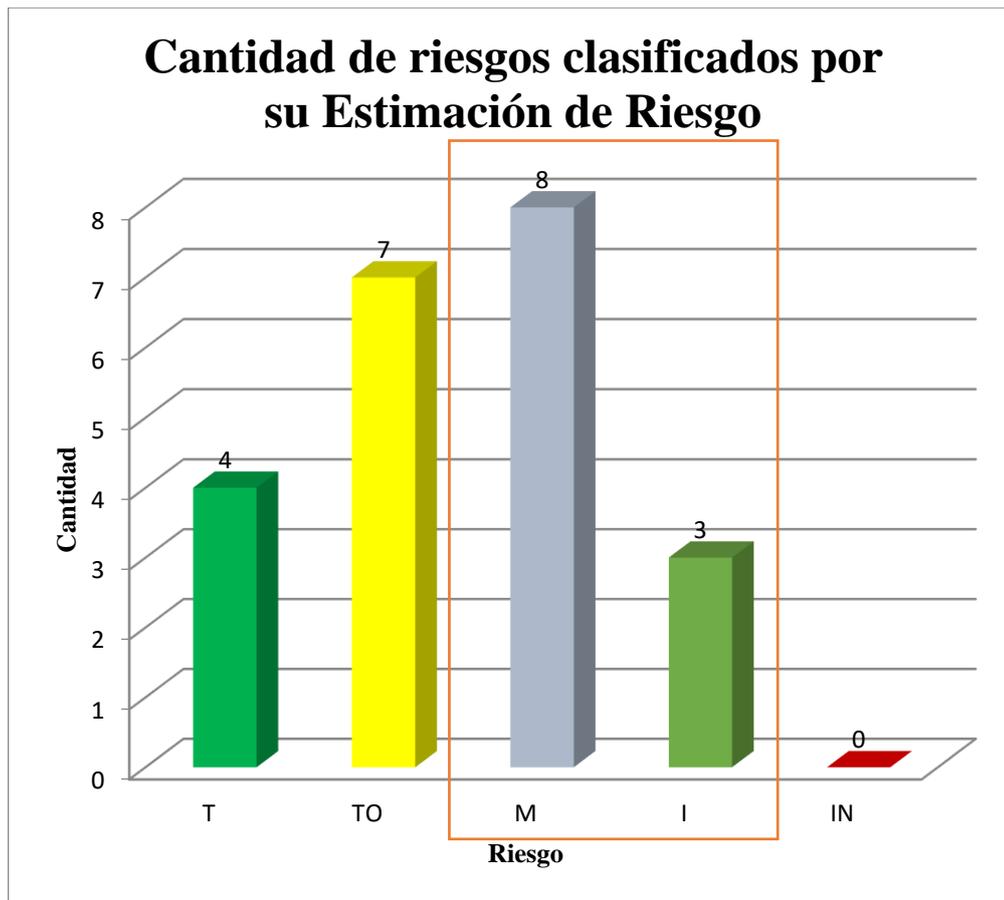
**Ilustración 4-16:** Riesgos según su tipo

Realizado por: Montes, H. 2023

**Tabla 4-8:** Cantidad de riesgos por su estimación

Estimación del Riesgos	Triviales	Tolerables	Moderados	Importantes	Intolerables
	4	7	8	3	0

Realizado por: Montes, H. 2023



**Ilustración 4-17:** Estimación de Riesgos

Realizado por: Montes, H. 2023

Tras el análisis, se observa que la mayoría de los riesgos son de naturaleza química debido a los componentes utilizados en la espuma. En segundo lugar, se encuentran riesgos físicos y ergonómicos, seguidos de riesgos mecánicos en menor medida. Los riesgos psicosociales son escasos y no se identifican riesgos biológicos. Al evaluar la importancia de estos riesgos para los operarios, se determina que no hay riesgos intolerables, por lo que se centra en los riesgos importantes. Se identifican tres: uno de tipo mecánico y dos químicos. El riesgo mecánico está relacionado con la proyección de fragmentos o partículas debido a la tendencia de la espuma de poliuretano a adherirse a las superficies de forma casi permanente.

En cuanto a los riesgos químicos importantes, destacan la exposición a aerosoles sólidos durante el proceso de proyección, donde se generan micropartículas altamente adherentes, así como la exposición a gases y vapores derivados de la manipulación de componentes y la formación de la espuma.

Se identifican ocho riesgos moderados que requieren atención. Cuatro son de naturaleza química, como la exposición a polvos químicos y orgánicos, aerosoles líquidos, desinfectantes y sustancias

de limpieza, y sustancias nocivas o tóxicas, todos relacionados con el proceso de proyección de espuma de poliuretano. Además, se identifican tres riesgos físicos moderados: ventilación insuficiente, incendios y explosiones, asociados al entorno donde se realiza la proyección. Al llevarse a cabo junto con otros procesos como soldadura o corte de piezas metálicas, es crucial evitar el contacto con fuentes de calor o chispas, especialmente en relación con los solventes utilizados. Por último, un riesgo ergonómico moderado está vinculado a la calidad del aire debido a la alta presencia de partículas en el ambiente.

Para mitigar estos riesgos, es fundamental el uso adecuado del equipo de protección personal (EPP) para evitar el contacto directo con los componentes y las partículas generadas durante la aplicación de la espuma. Es esencial garantizar que se disponga del EPP necesario durante todo el proceso para optimizar su ejecución.

**Tabla 4-9:** Equipos de Protección Personal para el Proceso de proyección de espuma de poliuretano

Equipos de Protección Personal (EPP) para el proceso de proyección de espuma de poliuretano			
Protección	Elementos	Imagen referencial	Descripción
Respiratoria	Mascarilla de gases orgánicos		Debido a la manipulación de los componentes de la espuma de poliuretano así como a la presencia de partículas al proyectar se recomienda una mascarilla que proteja el sistema respiratorio de tal forma que no se inhalen los gases, vapores, olores y partículas.
Cutánea	Guantes de goma		Se recomienda el uso de guantes de goma debido a que la manipulación de los componentes de la espuma de poliuretano puede generar irritación y problemas con la piel.
	Overol desechable con capucha		El uso de un overol desechable con capucha es importante debido a las partículas proyectadas, mismas que pueden ser de difícil remoción de superficies como la ropa y causar problemas con la piel de entrar en contacto.
	Zapatones		Evitan que el calzado se vea afectado por la adherencia de las partículas de espuma de poliuretano.
Ojos/Rostro	Visores		La protección visual es sumamente importante debido a que si las partículas proyectadas ingresan a los ojos pueden causar desde irritación hasta pérdida de la vista.

Realizado por: Montes, H. 2023

#### **4.1.9. Optimización del proceso**

##### *4.1.9.1. Planeación del proceso de aislamiento térmico y acústico*

Revisado en el Flujograma del proceso para la construcción de carrocerías de bus, para realizar el aislamiento de las unidades de transporte requiere de ciertas condiciones. Los pasos anteriores a la proyección de la espuma de poliuretano deben ser completados. En especial el proceso de cableado e instalaciones eléctricas, realizado por un técnico externo. Lo que puede ocasionar algunos inconvenientes de retrasos a este proceso. Debido al incumplimiento o falla que puede surgir con la asistencia a la planta del técnico.

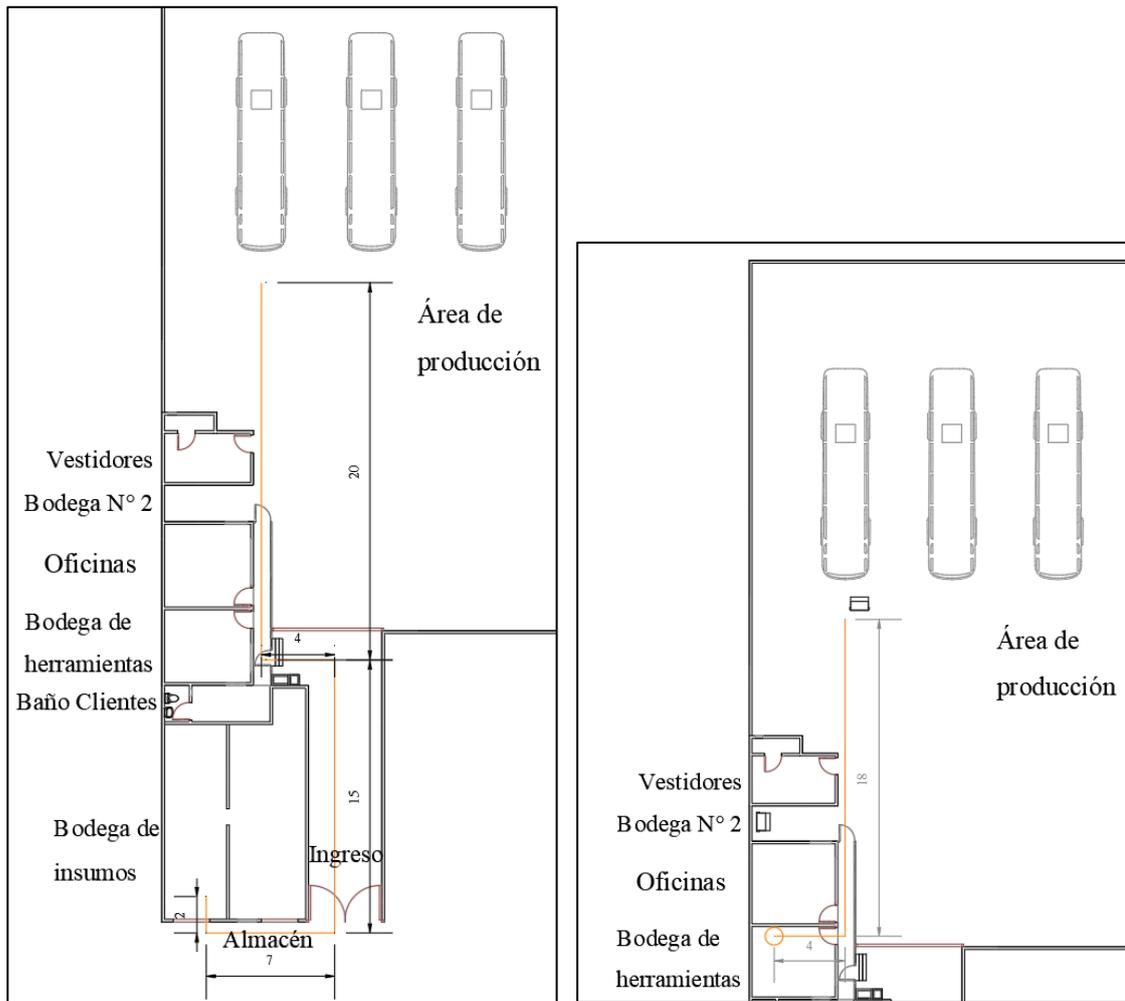
Debido a que el proceso de aislamiento con espuma de poliuretano es de tipo exotérmico puede ocasionar problemas con el siguiente proceso, el tratamiento para pintura y la pintura en sí. Debe existir un compromiso de las partes implicadas en el caso de la dirección general con la movilización de los técnicos eléctricos para así avanzar con el proceso de proyección de espuma. Se estima que el proceso de cableado e instalaciones eléctricas demora como máximo una semana incluido contratiempos.

Se plantea usar una hoja de chequeo que nos permita el control del proceso de aislamiento. Iniciando a la par con el proceso anterior, donde registrará el pedido de los componentes de espuma de poliuretano por parte del administrador. Comprobado que los materiales, equipo de protección personal y materiales de limpieza estén listos, con el final del proceso de cableado e instalación eléctrica se pasa la hoja al operario.

Recibiendo la hoja de chequeo el operario deberá realizar el mantenimiento previo a funcionar la máquina para garantizar la calidad del proceso. Procederá con el proceso de aislamiento mediante la proyección de la espuma. Y una vez finalizado el deberá realizar los pasos posteriores donde se descargará el material sobrante, se limpiarán filtros y pistola de proyección a profundidad.

##### *4.1.9.2. Proceso optimizado de aislamiento térmico y acústico*

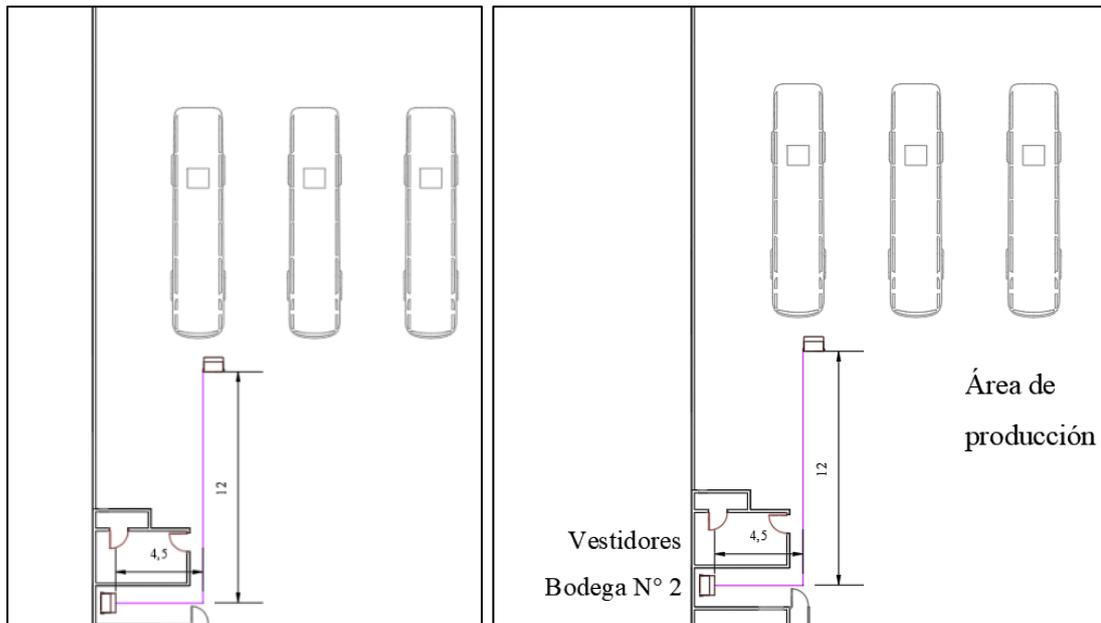
Valorando la planeación del proceso se deberá realizar la proyección de espuma de poliuretano de forma óptima. Buscado evitar demoras del proceso e interferencia con los siguientes pasos de construcción de la carrocería. Una recomendación para evitar los problemas con el primer paso alude a que el administrador, una vez terminado el proceso previo, cableado e instalación eléctrica, coloque los materiales en la bodega de herramientas donde los operarios podrán acceder de forma más rápida con la hoja de chequeo para el proceso.



**Ilustración 4-18:** Recorrido anterior vs recorrido optimizado de los materiales

Realizado por: Montes, H. 2023

La máquina debido a su movilidad limitada deberá seguir siendo almacenada en su lugar habitual por ser el más cercano al área de producción. El recorrido seguirá siendo de aproximadamente 17 m hasta la unidad más cercana. Ya que el aislamiento se realiza en los buses ubicados en la parte superior derecha de la planta el recorrido será el mínimo facilitando la reunión de los insumos y el equipo de proyección

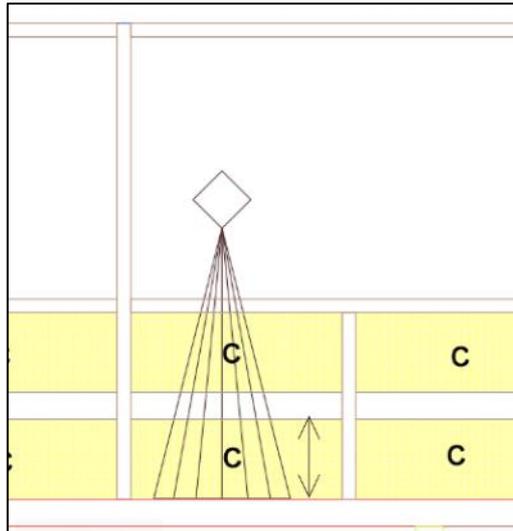


**Ilustración 4-19:** Recorrido anterior vs recorrido óptimo de la máquina

Realizado por: Montes, H. 2023

#### 4.1.9.3. Homogeneidad de la espuma de poliuretano

Al ser un material generado por la expansión de la mezcla de componentes la espuma de poliuretano no presenta una forma homogénea. Debido a las formas complejas donde rocían el material se evidencio que el proceso es al azar sin tomar en cuenta la dirección del abanico. Dependerá del operario y su comodidad pero al instalar la boquilla de proyección se deberá decidir si trabaja de forma horizontal o vertical. Se recomienda que trabaje con un abanico en posición horizontal ya que permitirá realizar una capa desde el piso hasta el tubo de la carrocería. De igual manera como recomendación es proyectar desde una distancia aproximada de 1.5 m para conseguir un abanico de alrededor de 0,5 m de apertura y poder controlarlo mejor.



**Ilustración 4-20:** Recomendación de método de aplicación

**Realizado por:** Montes, H. 2023

En busca de homogeneizar la superficie se debe tener en cuenta que el volumen de expansión de la espuma es de entre 1,5 a 2 cm. Por lo cual se debe rociar en al menos 2 capas, la primera para rellenar la estructura. Y la segunda capa en busca de homogeneizar la superficie. Esto se logra mediante la compactación de la espuma.

Una vez escogida la dirección de rociado hay que mantenerla para así evitar manchar los tubos y tener que eliminar la espuma después. Comenzar desde el fondo del bus evitando el desorden para evitar problemas con la manguera. La primera capa proyectar de forma continua y sin movimientos bruscos evitando en lo posible manchar los tubos. Dejando que el material se expanda alistamos una tabla para cubrir la segunda capa de espuma y así evitar que cree una superficie irregular.



**Ilustración 4-21:** Proyección

**Fuente:** engineering.village



**Ilustración 4-22:** Cubrir para evitar irregularidad

Fuente: engineering.village



**Ilustración 4-23:** Superficie homogénea en un gran porcentaje

Fuente: engineering.village

#### 4.1.9.4. Diagrama de proceso optimizado

Con un poco de anticipación al proceso de proyección conseguimos evitar el desperdicio de tiempo en la búsqueda de insumos y EPP. Al anticipar problemas con la inspección y mantenimiento previo de los sistemas hidráulico y de proyección conseguimos evitar inconvenientes debido a la cristalización del material y fallas de proyección. Además añadimos calidad al proceso buscando evitar que la espuma genere desperdicios por exceder fuera de los espacios donde se busca aislar. Generamos menos transportes al reunir los materiales y EPP en un solo punto. Dedicamos alrededor de una hora en las actividades de calidad para así no tener inconvenientes con la máquina.

**Tabla 4-10:** Resumen del diagrama de procesos optimizado

RESUMEN DE RESULTADOS DE PROCESOS OPTIMIZADOS PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO DE BUSES DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL				
RESUMEN	SIMBOLO	CANTIDAD	TIEMPO [min]	DISTANCIA [m]
OPERACIÓN		14	142	65
ALMACENAJE		1	15	0
INSPECCIÓN		1	3	0
ESPERA		0	0	0
TRANSPORTE		2	15	34
OP. COMBINADA		4	65	0
Total		22	240	99

Realizado por: Montes, H. 2023

Considerando que en proceso inicial duró un tiempo de alrededor de 10 h para todo el proceso de aislamiento. Analizando que se presentaron problemas con la maquina y que generalmente eran frecuentes debido al nulo mantenimiento del sistema hidráulico de componentes. Con la anticipación y el desarrollo de ciertas actividades se consideró una reducción de aproximadamente 6 h para el proceso. Debidas principalmente a tener que desmontar la máquina, buscar insumos de limpieza, EPP, buscar y trasladar los componentes.

#### ***4.1.10. Análisis de costos aproximados para la proyección de espuma de poliuretano***

En el análisis de costos aproximados se considera los materiales usados en el proceso de aplicación de la espuma de poliuretano. Estos costos involucran la adquisición de los componentes base de la espuma. Los materiales usados para la limpieza de la máquina además de los equipos de protección personal. También el costo por hora del aplicador y el ayudante en el proceso.

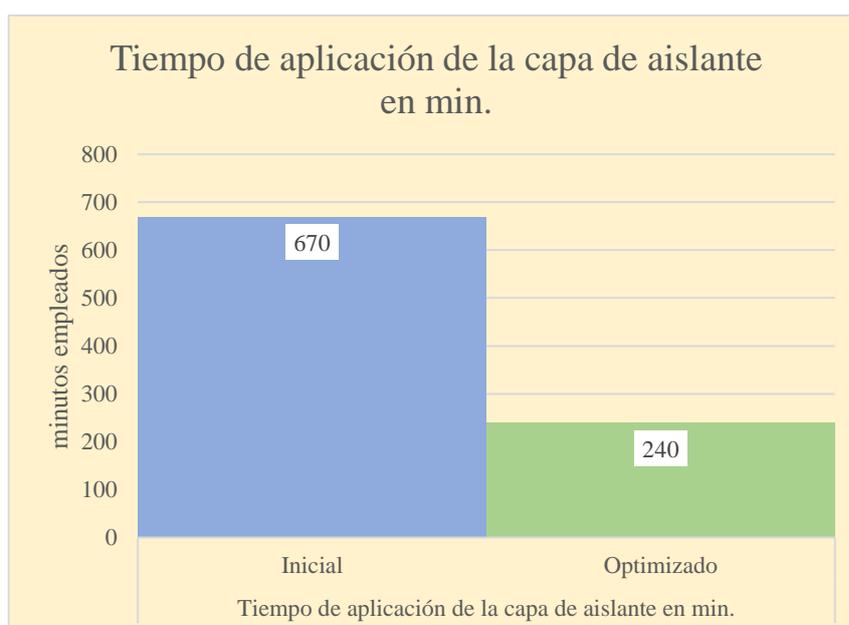
**Tabla 4-11:** Costos del proceso de aislamiento por chasis

Análisis de costos para el aislamiento con espuma de poliuretano					
N°	Unidad	Concepto	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
1	kg	Poliol e isocianato	66	\$ 3,13	\$ 206,25
2	l	Tiner laca	6	\$ 1,65	\$ 9,90
3	u	guapie	1	\$ 1,00	\$ 1,00
4	u	Mascarilla de gases orgánicos	2	\$ 5,80	\$ 11,60
5	par	Guantes de goma	2	\$ 1,50	\$ 3,00
6	u	Overol desechable con capucha	2	\$ 8,75	\$ 17,50
7	par	Zapatos	2	\$ 0,50	\$ 1,00
8	u	Visores	2	\$ 2,50	\$ 5,00
9	h	Aplicador	4	\$ 2,81	\$ 11,24
10	h	Ayudante	4	\$ 2,81	\$ 11,24
				<b>Total</b>	<b>\$ 277,73</b>

Realizado por: Montes, H. 2023

#### 4.1.11. Indicadores de Eficiencia

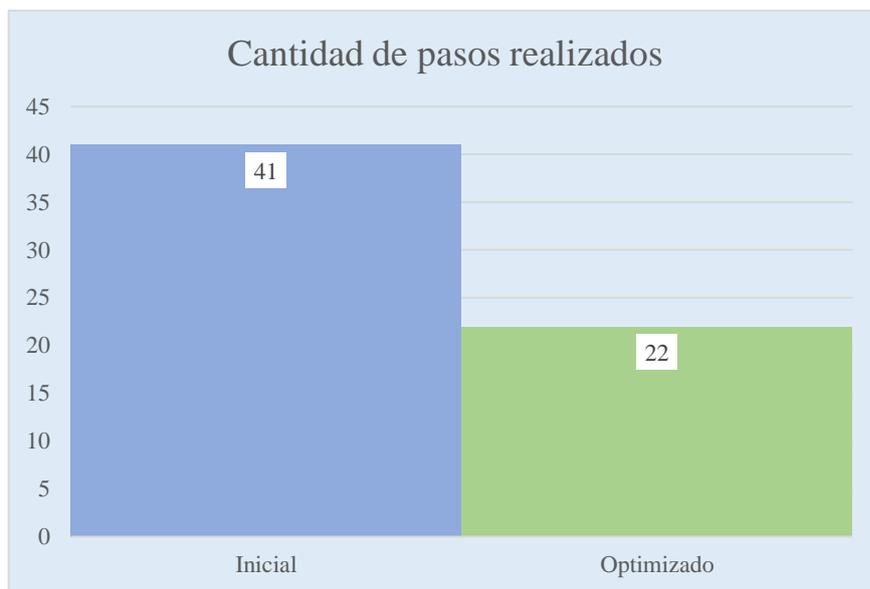
Después de realizado el análisis y las mejoras de optimización se puede evidenciar un cambio notable en este indicador. Cuando se analizó el proceso se obtuvo un tiempo de aplicación de la capa de aislante de 670 min aproximadamente. Considerando el uso de las recomendaciones planteadas así como la hoja de chequeo se reduce el tiempo de aplicación a 240 min.



**Ilustración 4-24:** Tiempo de aplicación de la capa de aislante

Realizado por: Montes, H. 2023

De igual forma cerraron adujeron los pasos necesarios realizar el proceso de aplicación del aislante térmico en las unidades de transporte de pasajeros. En un inicio se contaba con 41 pasos realizados para el proceso en la optimización se redujo las demoras y algunos procesos que no aportaban beneficio como parte de las interferencias al proceso



**Ilustración 4-25:** Cantidad de pasos realizados

Realizado por: Montes, H. 2023

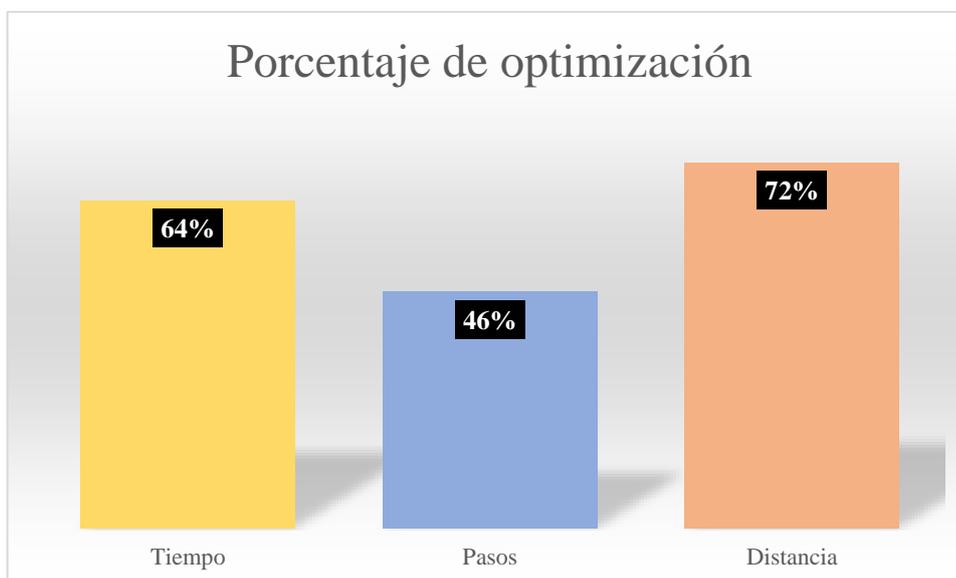
Las distancias recorridas también se redujeron al evitar tener que buscar los materiales, equipos de protección personal, o simplemente tener que ir y venir en busca de algunos insumos. De los 349,5 m que se recorrían en un principio se redujeron a aproximadamente 99 m.



**Ilustración 4-26:** Distancias recorridas en el proceso

Realizado por: Montes, H. 2023

Como referencia se consideró el porcentaje en el que se redujeron cada uno de estos parámetros con relación a la optimización del proceso.



**Ilustración 4-27:** Porcentaje de optimización de los criterios para el proceso

Realizado por: Montes, H. 2023

Al considerar el Índice de Valor Agregado (IVA) como otro indicador de calidad podemos evaluar en que porcentaje es efectivo. Considerando un 75% o mayor como porcentaje para un proceso efectivo. Donde las actividades de Valor Agregado Empresa (VAE) y Valor Agregado Cliente (VAC) son importantes para este indicador. Su suma permitirá analizar cuál es el porcentaje de IVA de cada proceso. Para el proceso actual se analiza en el ANEXO O y se obtienen los siguientes resultados.

**Tabla 4-12:** Índice de Valor Agregado Proceso Actual

	Total	VAE	VAC	No agrega valor
<b>Actividades</b>	41	17	9	15
<b>Tiempo Total [h]</b>	11,17	3,13	2,60	5,43
<b>Tiempo Actividades [%]</b>	100%	28%	23%	49%
<b>Tiempo de Valor Agregado [h]</b>	5,73			
<b>Índice de Valor Agregado [%]</b>	51,34%	Proceso No Efectivo		

Realizado por: Montes, H. 2023

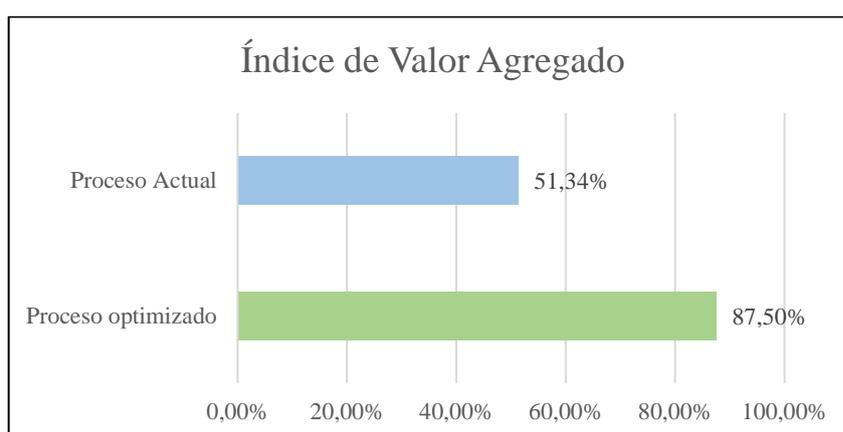
Con un porcentaje de 51,34% se obtiene para el proceso actual como no efectivo debido a la gran cantidad de actividades que no agregan valor. Del total de 41 actividades solo 26 agregan valor a la empresa o al cliente, lo que del tiempo total del proceso solo 5,73 horas son tiempo de valor agregado.

**Tabla 4-13:** Índice de Valor Agregado Proceso Optimizado

	Total	VAE	VAC	No agrega valor
<b>Actividades</b>	22	12	7	3
<b>Tiempo Total [h]</b>	4,00	1,70	1,80	0,50
<b>Tiempo Actividades [%]</b>	100%	43%	45%	13%
<b>Tiempo de Valor Agregado [h]</b>	3,50			
<b>Índice de Valor Agregado [%]</b>	87,50%	Proceso efectivo		

Realizado por: Montes, H. 2023

Por el contrario el IVA del proceso optimizado se refleja en un 87,50% principalmente por la reducción de las actividades que no agregan ningún valor. Al eliminar demoras y transportes excesivos se puede mejorar el índice de valor agregado generando un proceso efectivo con un tiempo de valor agregado de 3,5 horas. Con lo que tenemos un aumento en el IVA de 36,16% por la eliminación de las actividades que no agregan valor.



**Ilustración 4-28:** IVA de los procesos

Realizado por: Montes, H. 2023

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Mediante el estudio de los materiales usados para el aislamiento térmico y acústico en diferentes circunstancias, se logró conocer las ventajas y desventajas de cada uno. Permitiendo la orientación hacia el proceso constructivo de una carrocería de bus, sus necesidades e implicaciones al usar cada material aislante.

Los diferentes materiales usados para la aplicación de aislamiento en los buses cuentan con requerimientos inherentes cada uno. Lo que apunta al uso de la espuma de poliuretano por su capacidad superior de adherencia a cualquier superficie y excelentes propiedades aislantes. Resulta ser uno de los mejores materiales para este tipo de construcciones donde se somete constantemente a vibraciones y movimiento al material.

El proceso que se propone para la espuma de poliuretano considera la dirección del abanico para evitar generar desperdicios. Así mismo con la recomendación de sellar la espuma con un pedazo de madera cuando se expande permite mejorar la homogeneidad de la espuma, aportando calidad a la aplicación. Se considera además el mantenimiento proactivo y una rutina para evitar que el principal equipo se dañe y genere inconvenientes.

A través de los indicadores del proceso se evidencia la optimización mediante una serie de pasos sencillos y la colaboración de las partes involucradas. Reduciendo en un porcentaje del 64% el tiempo requerido para la aplicación y en un 72% la distancia que se debe recorrer. Así mismo se reducen los pasos necesarios para la aplicación en un 46%, necesitando solo 22 pasos a seguir para desarrollar el proceso.

Con ayuda de herramientas de análisis y la información obtenida en campo surgieron las ideas para prevenir los problemas más frecuentes. Orientando al método y el buen estado de la máquina de proyección para conseguir un material homogéneo, sin desperdiciar tiempo e interferir con otros procesos de la construcción.

## **5.2. Recomendaciones**

No descuidar los procesos parte de la construcción de la carrocería, debido que carácter cíclico algunos interferirán o causarán inconvenientes los unos con otros.

Usar herramientas para mantener el registro de las actividades y proporcionar información de forma bidireccional entre lo administrativo y operacional.

Interactuar garantiza que los procesos avancen de forma adecuada, sin comprometer a la industria, trabajadores, dueños y usuarios.

Usar de forma correcta los insumos y equipos garantizara la calidad de los procesos, evitando problemas a todos.

La gestión continua del proceso permitirá ir mejorando con la información recabada. Debido que el conocimiento generado cada ocasión siempre aportara algo nuevo para cambiar lo que no sirve y mejorar lo que está bien.

El mejoramiento de los procesos apoya al crecimiento de la industria ayudando a los ecuatorianos con mejoras de calidad en los productos apreciadas para la expansión del mercado.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO DEL ECUADOR (ANT).** *Resolución No. 111-DIR-2014-ANT.* [En línea] 2014. [https://www.ant.gob.ec/wpfd\\_file/resolucion-no-111-dir-2014-ant/Resolución No. 111-DIR- 2014-ANT](https://www.ant.gob.ec/wpfd_file/resolucion-no-111-dir-2014-ant/Resolución No. 111-DIR- 2014-ANT).

**CIANCIOSI, Pablo & MARINO, Marcelo.** Polímeros. [En línea] 2014. <http://www.frtp.utn.edu.ar/materias/qaplicada/polimeros.pdf>.

**CONNOR, Nick.** *Qué es el poliestireno expandido – EPS – Definición.* [En línea] 2019. <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-poliestireno-expandido-eps-definicion/>.

**DIDCOM.** *Monitoreo y Control de Temperatura en Autobuses a través de la Telemática para asegurar el Confort de Pasajeros en tu Flota.* [En línea] 2021. <https://didcom.com.mx/blog/monitoreo-y-control-de-temperatura-en-autobuses-a-traves-de-la-telematica-para-asegurar-el-confort-de-pasajeros-en-tu-flota/>.

**ECHEVERRÍA, Esteban.** *Norma DIN 51524 - Sistemas Hidráulicos.* s.l. : Mobil Industrial Lubricants, 2018.

**ECUAPOLIURETANOS.** *ECUAFOAM S-1501 Sistema de poliuretano de Spray.* s.n., 2021.

**ECUAPOLIURETANOS.** *POLIURETANOS - Materias Primas y Sistemas.* [En línea] 2021. <https://www.ecuapoliuretanos.com/materia-prima>.

**ELAPLAS.** *Acerca del poliuretano.* s.n., 2021.

**FERNÁNDEZ DE CÓRDOBA, Manuel Benabent.** *El transporte público terrestre y la accesibilidad, instrumentos para el análisis funcional del sistema de asentamientos: el caso de Ecuador.* [En línea] 2017. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/estoa/article/view/1436>.

**GONZÁLEZ ACEVEDO, Midalis y RIVADA VÁZQUEZ, María Luisa.** *Caracterización de la espuma rígida de poliuretano expandido como impermeabilizante de cubiertas.* *Revista de*

*Arquitectura e Ingeniería.* [En línea] 2016. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193946969001>.

**HI-TECH SPRAY EQUIPMENT S.A.** *GAMA SPRAY EQUIPMENT Catálogo.* s.n., 2023.

**HI-TECH SPRAY EQUIPMENT S.A.** *Manual de Componentes Unidad de Proyección easy spray - H.* s.n., 2023.

**ISAVAL.** RHONATHERM sistema aislamiento térmico exterior. *Conductividad térmica en aislamientos: por qué tenerla en cuenta.* [En línea] 2023. <https://www.saterhonatherm.com/blog/conductividad-termica-aislamientos/#:~:text=Poliestireno%20expandido,El%20panel%20EPS&text=Conductividad%20t%C3%A9rmica%20%CE%BB%20%3D%200%2C037%20W%2FmK>.

**LESNIK, Gastón.** *Poliestireno Expandido (EPS) ¿Qué es? ¿Cuándo se usa? Ventajas.* [En línea] 2021. <https://construccionenseco.net/poliestireno-expandido-eps/#:~:text=El%20material%20con%20el%20nombre%20t%C3%A9cnico%20de%20poliestireno,de%20di%C3%A1metro%20C%20que%20est%C3%A1n%20destinadas%20a%20la%20expansi%C3%B3n..>

**LÓPEZ CARRASQUERO, Francisco.** *Fundamentos de polímeros.* [En línea] 2005. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/16743/polimeros.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>.

**MARTINES, Enrique.** *Definiciones de humedad y su equivalencia.* Centro Nacional de Metrología, División de Termometría, 2007.

**MARTÍNEZ CHUMILLAS, Manuel.** *Libro blanco del poliuretano proyectado e inyectado.* AISLA, Asociación de Instaladores de Aislamiento, 2020.

**MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO.** *Índice de Calidad del Aire.* [En línea] 2019. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/ica.html>.

**NARANJO VARGAS, Eugenia Mercedes.** *Análisis del Espesor de Aislante utilizado para Buses Interprovinciales que circulan en las Frecuencias Riobamba-Quito y Riobamba-Cuenca.* Universidad Internacional SEK, Quito : 2017.

**NETTUNO SISTEMI.** *Cream 200.* [En línea] 2020. <https://www.nettunosistemi.com/en/prodotto/cnc-hot-wire-polystyrene-cutter-cream-200/>.

**NTE INEN 1323.** *Vehículos Automotores. Carrocerías de Buses. Requisitos.* 2009.

**NTE INEN 1668.** *Vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincial. Requisitos.* 2015.

**NTE INEN 2656.** *CLASIFICACIÓN VEHICULAR.* 2016.

**PALOMO CANO, Patricia.** *Aislantes termicos. Criterios de selección por requisitos energéticos.* Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Madrid : 2017.

**PERDOMO GONZÁLEZ, Lorenzo; et al.** *Perspectiva de uso del poliestireno expandido, como alternativa de impermeabilizante, para electrodos empleados en la soldadura subacuática mojada. Revista Facultad de Ingeniería .* [En línea] 2012, (Colombia) vol. 62 (2), págs. 103-113. <https://www.redalyc.org/pdf/430/43025115011.pdf>.

**PÉREZ GARCÍA, Natalia; et al.** *Evaluación de las propiedades mecánicas del poliestireno expandido.*[En línea] 2016. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt476.pdf>.

**RECORRIENDO RUTAS EN ECUADOR.** *Nuevos proyectos scania k360 carrocerías car buss yaulema y mas buses en proceso.* [en línea] 2022. <https://www.facebook.com/RecorriendoRutasenEcuador/videos/690061295563084/>

**NTE INEN 2656.** *Clasificación vehicular.* 2016.

**TAJEDA MARTÍNEZ, Adalberto.** *La humedad en la atmósfera Bases físicas, instrumentos y aplicaciones.* Universidad de Colima, 2018. pág 31. ISBN: 978-607-8549-50-4.

**VIGO, Marta.** *Propuestas para el Diseño Urbano Bioambiental en Zonas Cálidas Semiáridas. Caso Área del Gran Catamarca. Confort humano.* [En línea] 2010. <http://www.editorial>.

unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/DIGITESIS/marta%20vigo/pdf/1.2conforthumano.pdf.  
ISBN: 978-987-661-048-3.

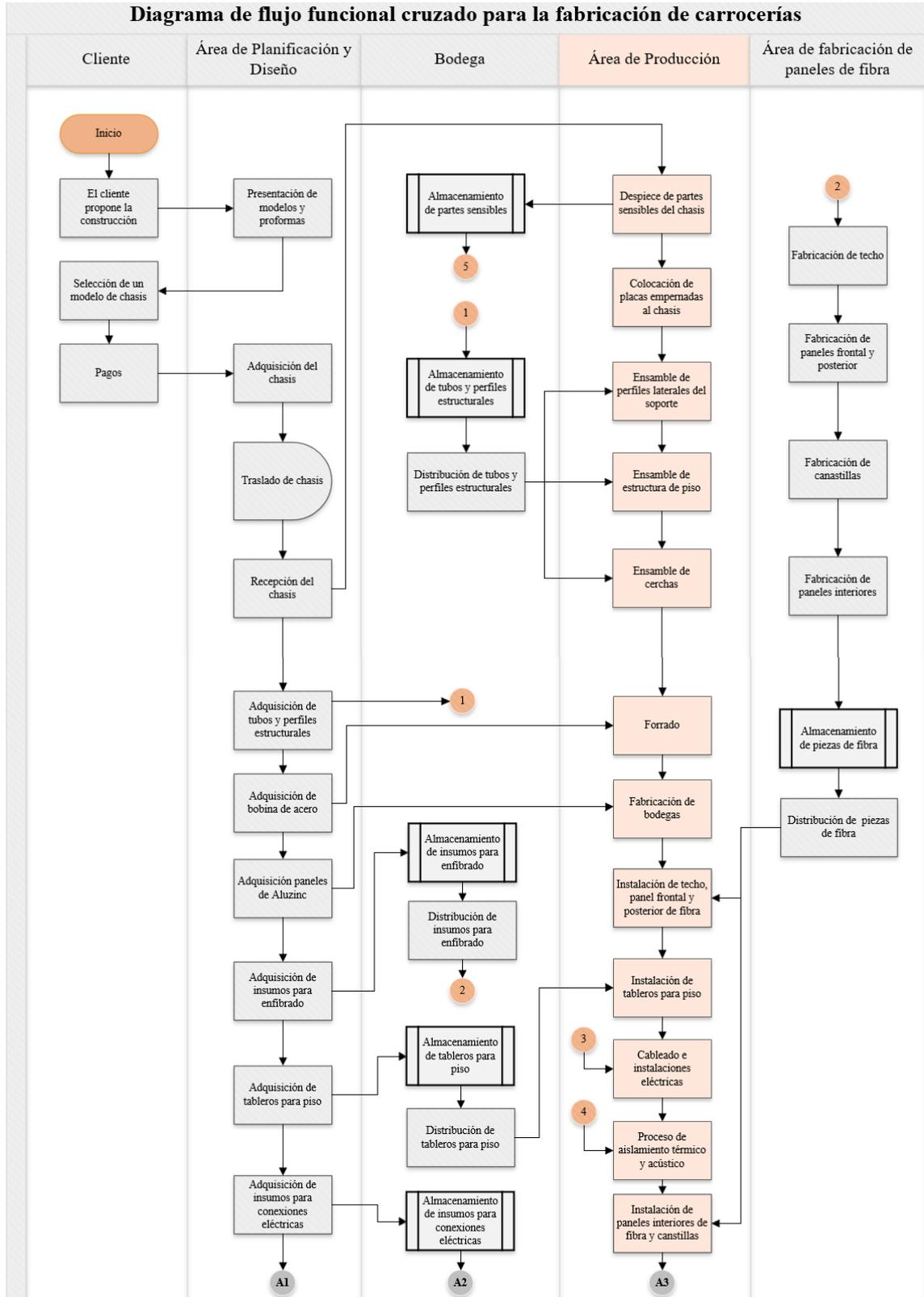
**VILLAR, José Santiago.** *Modelado dinámico de autobuses para el cálculo de la carga térmica. Aplicación al dimensionado del sistema de climatización.* Universidad de Sevilla, Sevilla : 2015.

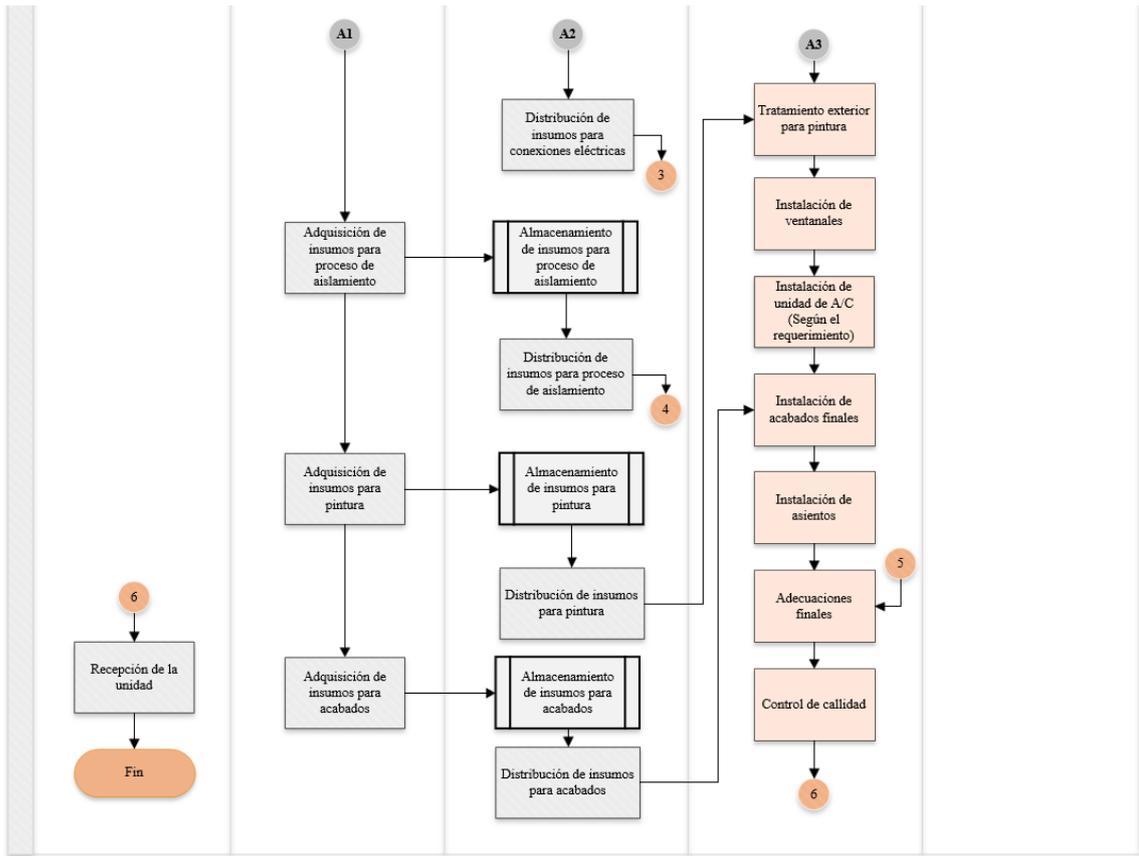
**ZAMUDIO PEÑA, William.** Caracterización del poliestireno expandido residual a nivel global: una revisión de literatura. *ResearchGate*. [En línea] 2018. [https://www.researchgate.net/publication/326635950\\_caracterizacion\\_del\\_poliestireno\\_expandido\\_residual\\_a\\_nivel\\_global\\_u na\\_revision\\_de\\_literatura](https://www.researchgate.net/publication/326635950_caracterizacion_del_poliestireno_expandido_residual_a_nivel_global_u_na_revision_de_literatura).



# ANEXOS

## ANEXO A: DIAGRAMA DE FLUJO FUNCIONAL CRUZADO PARA LA FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS





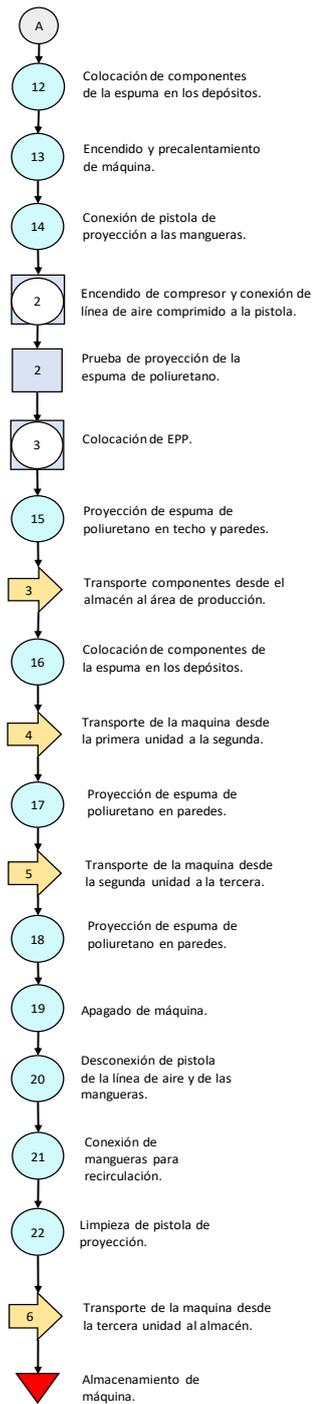
## ANEXO B: DIAGRAMA DE PROCESOS ACTUAL PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO CON ESPUMA DE POLIURETANO

DIAGRAMA DE PROCESOS PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO DE BUSES DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL									
MÉTODO: PROCESO ACTUAL DE AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO CON ESPUMA DE POLIURETANO						DIAGRAMA N°: 1			
PRODUCTO: CAPA DE AISLAMIENTO CON ESPUMA DE POLIURETANO						FECHA: 2023/04/05			
OPERACIÓN: AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO DE TECHO Y PAREDES						HECHO POR: Henry Montes			
DEPARTAMENTO: ÁREA DE PRODUCCIÓN						HOJA N°: 1			
N° DE ACTIVIDAD	DISTANCIA [m]	TIEMPO [min]	SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA						DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
									
1	1	46							Búsqueda de insumos para limpieza y protección de superficies.
2	1	11							Despeje y limpieza del piso de la unidad.
3	1	11							Eliminación con aire de partículas de las superficies a aislar.
4	2	11							Limpieza manual de partículas de las superficies a aislar.
5	3	11							Recubrimiento de elementos estructurales con cinta masking.
6	4	11							Sellado de ventanas con plástico masking.
7	1	17							Transporte de maquina desde el almacén al área de producción.
8	5	0							Preparación de la máquina.
9	6	0							Limpieza de filtros
10	2	46							Transporte componentes desde el almacén al área de producción.
11	7	8							Conexión de mangueras para recirculación.
12	8	0							Colocación de componentes de la espuma en los depósitos.
13	9	0							Encendido y precalentamiento de la máquina.
14	10	0							Conexión de pistola de proyección a las mangueras.
15	11	0							Encendido de compresor y conexión de línea de aire comprimido a la pistola.
16	1	0							Prueba de proyección de la espuma de poliuretano.
17	2	0							Desmontaje de pistola y línea de aire comprimido.
18	3	0							Extracción de componentes de la espuma para mantenimiento de la máquina.
19	4	0							Desmontaje de depósitos de la maquina debido a cristalización de componentes.
20	5	75							Adquisición de disolvente.
21	6	0							Lavado de depósitos y líneas de conexión.
22	7	0							Ensamblaje de depósitos.
23	12	0							Colocación de componentes de la espuma en los depósitos.

24	13	0	10	●						Encendido y precalentamiento de máquina.
25	14	0	10	●						Conexión de pistola de proyección a las mangueras.
26	2	0	10						■	Encendido de compresor y conexión de línea de aire comprimido a la pistola.
27	2	4	5						■	Prueba de proyección de la espuma de poliuretano.
28	3	0	10						■	Colocación de EPP.
29	15	0	31	●						Proyección de espuma de poliuretano en techo y paredes.
30	3	46	5		→					Transporte componentes desde el almacén al área de producción.
31	16	0	5	●						Colocación de componentes de la espuma en los depósitos.
32	4	12	10		→					Transporte de la maquina desde la primera unidad a la segunda.
33	17	0	13	●						Proyección de espuma de poliuretano en paredes.
34	5	6	5		→					Transporte de la maquina desde la segunda unidad a la tercera.
35	18	0	17	●						Proyección de espuma de poliuretano en paredes.
36	19	0	15	●						Apagado de máquina.
37	20	0	5	●						Desconexión de pistola de la línea de aire y de las mangueras.
38	21	0	2	●						Conexión de mangueras para recirculación.
39	22	0	20	●						Limpieza de pistola de proyección.
40	6	34,5	10		→					Transporte de la maquina desde la tercera unidad al almacén.
41	1	0	15						▼	Almacenamiento de máquina.

## ANEXO C: DIAGRAMA DE FLUJO PROCESOS PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO DE BUSES DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL





## ANEXO D: FICHA TÉCNICA COMPONENTES DE ESPUMA DE POLIURETANO

 <b>Ecuapoliuretanos</b> www.ecuapoliuretanos.com		Hoja Técnica V.03.14												
<b>ECUAFOAM S-1501</b> Sistema de poliuretano de Spray														
<b>Descripción:</b> El sistema de poliuretano <b>ECUAFOAM S-1501</b> es una espuma rígida, ecológica libre de CFC, bicomponente (poliol e isocianato). La espuma se forma mediante la técnica de Spray usando reactores de alta presión en el campo de la construcción para aislar cualquier superficie. La reactividad del producto final puede ajustarse a las necesidades del proceso. El producto es ignífugo autoextinguible contiene retardantes a la flama cumpliendo norma ASTM E-84.		<b>Propiedades de la espuma:</b> <table border="1"> <tr> <td>Tiempo de Crema:</td> <td>3 segundos</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de Hilo:</td> <td>7 segundos</td> </tr> <tr> <td>T. de Crecimiento:</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Densidad Libre:</td> <td>36 kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </table>	Tiempo de Crema:	3 segundos	Tiempo de Hilo:	7 segundos	T. de Crecimiento:	NA	Densidad Libre:	36 kg/m <sup>3</sup>				
Tiempo de Crema:	3 segundos													
Tiempo de Hilo:	7 segundos													
T. de Crecimiento:	NA													
Densidad Libre:	36 kg/m <sup>3</sup>													
<b>Composición y Presentaciones:</b> <table border="1"> <tr> <td>Composición:</td> <td>Componente A: Isocianato Componente B: Poliol</td> </tr> <tr> <td>Presentación Tanques:</td> <td>A: Tanque color rojo 250 kg. B: Tanque color azul 220 kg.</td> </tr> <tr> <td>Presentación Canecas:</td> <td>A: Caneca color rojo 20 kg. B: Caneca color azul 20 kg.</td> </tr> </table>		Composición:	Componente A: Isocianato Componente B: Poliol	Presentación Tanques:	A: Tanque color rojo 250 kg. B: Tanque color azul 220 kg.	Presentación Canecas:	A: Caneca color rojo 20 kg. B: Caneca color azul 20 kg.	<b>Características espuma aplicada</b> <table border="1"> <tr> <td>Densidad Media:</td> <td>38 kg/m<sup>3</sup> UNE-EN 1602</td> </tr> <tr> <td>Compresión:</td> <td>175 – 225 KPa UNE-EN 826</td> </tr> <tr> <td>Absorción Agua:</td> <td>&lt; 3 %vol DIN 53428</td> </tr> </table>	Densidad Media:	38 kg/m <sup>3</sup> UNE-EN 1602	Compresión:	175 – 225 KPa UNE-EN 826	Absorción Agua:	< 3 %vol DIN 53428
Composición:	Componente A: Isocianato Componente B: Poliol													
Presentación Tanques:	A: Tanque color rojo 250 kg. B: Tanque color azul 220 kg.													
Presentación Canecas:	A: Caneca color rojo 20 kg. B: Caneca color azul 20 kg.													
Densidad Media:	38 kg/m <sup>3</sup> UNE-EN 1602													
Compresión:	175 – 225 KPa UNE-EN 826													
Absorción Agua:	< 3 %vol DIN 53428													
<b>Propiedades Componentes:</b> <table border="1"> <tr> <td>Relación de Mezcla</td> <td>100:100 + - 5%</td> </tr> <tr> <td>Número OH</td> <td>310 – 380 mgKOH/g</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad (25c)</td> <td>100 – 200 mPa.s</td> </tr> <tr> <td>Peso Específico</td> <td>1.12 – 1.20</td> </tr> <tr> <td>Temperatura Alm.</td> <td>10c – 30c (Centígrados)</td> </tr> <tr> <td>Estabilidad Meses*</td> <td>12 meses</td> </tr> </table> <p>* Los componentes A y B del sistema Poliuretano <b>ECUAFOAM S-1501</b> son sensibles a la humedad, debiendo conservarse en tanques herméticos. La temperatura de almacenamiento debe estar entre +10 y +30°C. Se deben evitar temperaturas inferiores que pueden provocar cristalizaciones en el isocianato, así como temperaturas elevadas que pueden producir alteraciones en el poliol, pérdidas del agente espumante el hinchamiento del mismo tanque.</p>		Relación de Mezcla	100:100 + - 5%	Número OH	310 – 380 mgKOH/g	Viscosidad (25c)	100 – 200 mPa.s	Peso Específico	1.12 – 1.20	Temperatura Alm.	10c – 30c (Centígrados)	Estabilidad Meses*	12 meses	<b>Manipulación y Transporte</b> <p><b>Protección respiratoria:</b> Al manipular los componentes se debe utilizar una mascarilla purificadora de aire homologada.</p> <p><b>Protección Cutánea:</b> Usar guantes de goma. Retirar inmediatamente después de la contaminación. Usar ropa limpia que cubra todo el cuerpo. Lávese bien con agua y jabón después de la tarea y antes de comer, beber o fumar.</p> <p><b>Protección de ojos/cara:</b> Usar gafas de seguridad, para evitar las salpicaduras.</p> <p><b>Residuos:</b> La generación de residuos deberá evitarse o reducirse al mínimo. Incinerar bajo condiciones controladas de acuerdo con las leyes y regulaciones locales y nacionales.</p> <p>Los riesgos, la toxicidad y el comportamiento de los productos pueden variar cuando se usan junto con otros materiales, y dependen de las circunstancias de fabricación u otros procesos. Corresponde al usuario determinar estos riesgos, toxicidad y comportamiento, y ponerlos en conocimiento de quienes vayan a manipularlos o procesarlos, así como de los usuarios finales.</p>
Relación de Mezcla	100:100 + - 5%													
Número OH	310 – 380 mgKOH/g													
Viscosidad (25c)	100 – 200 mPa.s													
Peso Específico	1.12 – 1.20													
Temperatura Alm.	10c – 30c (Centígrados)													
Estabilidad Meses*	12 meses													
Guayaquil: Km 11 ½ vía Daule y Av. Isidro Ayora (entre Indeltro e Iglesia Mormona) Telf: 04 2116104 Web: www.ecuapoliuretanos.com Email: ventas@ecuapoliuretanos.com														

Fuente: (Ecuapoliuretanos, 2021)

## ANEXO E: FICHA TÉCNICA POLIESTIRENO EXPANDIDO

**Plastro S.A.**



### Paneles de Poliestireno Expandido (EPS) AISLAMIENTO TÉRMICO EN CUBIERTAS

Los paneles de Poliestireno Expandido (EPS), son ideales para aislamiento térmico y brinda protección a la cubierta de posibles dilataciones o contracciones.

#### USOS

##### En cubiertas de Acero o Aluminio

Este sistema contiene un núcleo de espuma rígida de poliestireno expandido recubierto por ambas caras con láminas de acero o aluminio. Este panel puede anclarse a la estructura.

##### En cubiertas de Asbesto

El Poliestireno Expandido (EPS) es colocado en la cara inferior del Asbesto (Eternit) sujetándolo con pequeñas placas de aluminio y pernos de expansión.

#### DATOS TÉCNICOS

##### Características

- **Aislante:** Ahorro de energía en equipos de climatización.
- **Acústico:** Buen absorbente al ruido de impacto.
- **Estable:** No presenta deformación alguna, lo cual confiere una gran estabilidad dimensional a lo largo del tiempo.
- **Económicos:** Brinda beneficios económicos sin sacrificar sus características térmicas por el bajo costo del material con comparación con los demás materiales térmicos.

##### Densidad

10-30 kg/m<sup>3</sup> (+/-6%) según ASTM C303.

##### Tolerancia en dimensiones

+/-3 mm.

##### Aislamiento Acústico

25.2 decibeles

##### Conductividad Térmica

Medida a +10°C = 0,0372(w/m m°k) según NMX-C-181-ONNCE-2010

##### Rango de Temperatura de Trabajo

(-40 °C a 85°C).

##### Material Auto extingüible

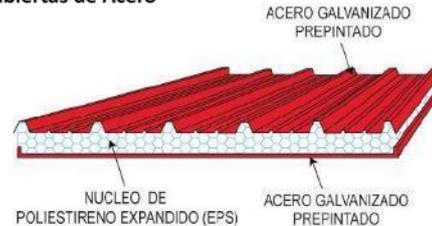
Según ASTM E-84.

##### Resistencia Frente a Sustancias Químicas

-Resistente a soluciones salinas (agua de mar), soluciones jabonosas y humectantes.

-Resistente a lejías blanqueantes, como hipoclorito, agua de cloro, solución de peróxido de hidrógeno, ácidos diluidos.

#### Cubiertas de Acero



#### Cubiertas de Asbesto



#### DIMENSIONES Y PRESENTACIONES

CODIGO PRODUCTO	DIMENSIONES LATERALES (mm)	UNIDADES POR PAQUETE	CALOR TRANSMITIDO (W)	RENDIMIENTO POR PAQUETE (m <sup>2</sup> )
2430	2000x1.000x40	15	81	30
2431	2000x1.000x50	10	65	20
2432	2000x1.000x60	8	54	16
2435	3000x1.000x50	10	65	30

#### COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

El Poliestireno Expandido (EPS) posee un componente (bromuro) que reduce notablemente la inflamabilidad y la propagación de llamas en la superficie del material (Norma UNE 23727-MI DIN 4102-B1 DIN 53438 parte 3).

#### ECOLÓGICO

Con nuestros sistemas y productos de aislamiento térmico orientados a la gestión de la sostenibilidad, reducimos al mínimo uso de energía en las edificaciones y en consecuencia se reduce el impacto al medio ambiente.



## ANEXO F: FICHA TÉCNICA TABLERO MARINO







**Es un tablero contrachapado fabricado con resina fenólica resistente al contacto con el agua.**

**Uso**  
Por su gran resistencia a la humedad puede ser utilizado en construcciones navales, cubiertas, pisos, campamentos, encofrados.

**Características**

- Perfecta estabilidad estructural en todo el tablero.
- Disponible en calibres para satisfacer todas las necesidades de uso.
- La calidad de los tableros PELÍKANO PLYWOOD AQUA estándar es garantizada lo que constituye un respaldo permanente.

**Ventajas**

- El usuario no necesita incurrir en gastos adicionales de secado de la madera, PELÍKANO PLYWOOD AQUA llega listo al consumidor.
- Puede ser maquinado en un sin número de maneras: machimbrado, acanalado y lengüetado, biselado, refilado, perforado, cortado, conteado, clavado, atornillado o cualquier otro trabajo.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS (USO EXTERIORES)**

Dimensiones (m)	Calibre (mm)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN kg/cm <sup>2</sup>		TOLERANCIA		Calidades
		Perpendicular	Paralela	En calibre	En cuadratura	
1.22 x 2.44	5	350 - 370	160 - 170	+0.2mm / -0.7mm	+/-2.5mm	Estandar Estructural Eco
1.22 x 2.44	9 - 12 - 15	280 - 400	400 - 500	+0.2mm / -0.7mm	+/-2.5mm	
1.22 x 2.44	18	280 - 400	430 - 460	+0.2mm / -0.7mm	+/-2.5mm	



**Por su alta tasa de reuso, PELÍKANO PLYWOOD AQUA PREMIUM se convierte en un excelente producto para la construcción.**

**Uso**  
PELIKANO PLYWOOD AQUA PREMIUM es recubierto con un papel tipo fenólico de 120 gr/m<sup>2</sup> en 2 caras, con un 65% de resina fenólica. Es recomendable su uso para hormigones que tengan un tratamiento posterior como pintado, estucado, etc. Los tableros son muy resistentes a la abrasión y al impacto, no obstante, al igual que con toda superficie terminada, se debe cuidar el aspecto de la velocidad de colada y utilizar vibradores adecuados para no dañar las caras del encofrado.

**Características**

- Los tableros alcanzan aproximadamente 15 reutilizaciones en labores de montaje verticales y 20 horizontales (Sujetos al tipo de aplicación, correcto manejo y tratamiento adecuado con desmoldantes que actúan por reacción química).
- Es producido bajo estándares de las normas voluntarias de productos PS1-O7 y JAS de acuerdo a las certificaciones de las agencias norteamericanas TECO y PTL, junto con los estándares de la norma europea EN13986, bajo la certificación del Danish Technological Institute (DTI).

**Ventajas**

- Desde fábrica, se controla y estabiliza la humedad de los tableros entre un 8% a 12%.
- Es encolado con un adhesivo a base de resina fenólica otorgándole una máxima resistencia, adhesión e hidrorrepelencia, además de una mínima emisión de fenol formaldehído.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS (USO EXTERIORES)**

Dimensiones (m)	Calibre (mm)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN kg/cm <sup>2</sup>		TOLERANCIA		Calidades
		Perpendicular	Paralela	En calibre	En cuadratura	
1.22 x 2.44	12 - 15	280 - 400	400 - 500	+/-0.2mm	+/-2.5mm	Premium
1.22 x 2.44	18	280 - 400	400 - 500	+/-0.2mm	+/-2.5mm	

Fuente: (Pelikano , 2022)

**ANEXO G: ANÁLISIS AMFE DEL SISTEMA HIDRÁULICO**

ANÁLISIS AMFE DEL EQUIPO: Gama Easy Spray-H							
Hoja de Información RCM		Sistema/Activo		Sistema N°	Facilitador:	Fecha:	Hoja N°
		Sistema Hidráulico		1A1	Henry Montes	10/12/2023	1
		Sub-Sistema/Componente		Subsistema N°	Auditor:	Fecha:	De:
		Sistema Hidráulico					1
Subsistema	Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla
Sistema Hidráulico	1	Proporcionar la presión de aceite para mover el cilindro hidráulico de las bombas de pistón.	A	Incapaz de mantener la presión suficiente para mover el cilindro hidráulico de doble vástago que mueve las bombas de pistón.	1	Daños en las mangueras hidráulicas de alta presión.	El aceite no será capaz de circular a través del sistema hidráulico y llegar al pistón.
					2	Nivel inadecuado de aceite hidráulico en el sistema.	La bomba de aceite no es capaz de trabajar debido al nivel inadecuado de aceite
					3	Fallas en la bomba de alta presión de aceite.	No es posible alcanzar la presión adecuada para mover el cilindro hidráulico.
					4	Daños en el cilindro hidráulico.	El cilindro hidráulico es incapaz de mover las bombas de los componentes.
	2	Proporcionar un flujo constante de componentes desde los depósitos hacia los calefactores.	A	Incapaz de mantener un volumen constante y a una presión estable los componentes.	1	Filtros de componentes tapados	No se alcanza el volumen adecuado y la presión de los componentes en los calefactores.
					2	Daño en las mangueras de conexión de los depósitos.	Los componentes no alcanzan a circular por el sistema y se derraman.

**ANEXO H: HOJA DE DECISIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO**

HOJA DE DECISIÓN: Sistema Hidráulico																
HOJA DE DECISIÓN RCM			Sistema/Activo				Sistema N°			Facilitador:			Fecha:	Hoja N°		
			Sistema Hidráulico				1A1			Henry Montes			10/12/2023	1		
			Sub-Sistema/Componente				Subsistema N°			Auditor			Fecha:	De:		
			Sistema Hidráulico											1		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	Acciones a falta de				TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR:
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
							N1	N2	N3							
1	A	1	S	N	N	S	S						Hacer la comprobación del estado de las mangueras hidráulicas de alta presión antes de poner en funcionamiento la máquina.	Antes de poner en marcha.	Operador	
1	A	2	S	N	N	S	S						Revisar el medidor de aceite antes de poner en funcionamiento la máquina y evaluar de forma visual el estado del aceite.	Antes de poner en marcha.	Operador	
1	A	3	S	N	N	S	S						Verificar al momento de poner en marcha el equipo y girar el mando que la presión de aceite se eleve el manómetro.	Al poner en marcha el equipo	Operador	
1	A	4	S	N	N	S	N	S					Comprobar la integridad del cilindro hidráulico de la bomba del sistema en base a lo recomendado por el fabricante dándole un mantenimiento adecuado.	Anual	Técnico mecánico	
2	A	1	S	N	N	S	S						Antes de poner los componentes en los depósitos del equipo se debe verificar la limpieza de los filtros.	Antes de cargar los componentes	Operador	
2	A	2	S	N	N	S	S						Se debe verificar mediante inspección visual que no existan fugas de componentes en las conexiones.	Antes de cargar los componentes	Operador	

**ANEXO I: ANÁLISIS AMFE DEL SISTEMA DE PROYECCIÓN**

ANÁLISIS AMFE DEL EQUIPO: Gama Easy Spray-H								
Hoja de Información RCM		Sistema/Activo			Sistema N°	Facilitador:	Fecha:	Hoja N°
		Sistema de Proyección			1A2	Henry Montes	10/12/2023	1
		Sub-Sistema/Componente			Subsistema N°	Auditor:	Fecha:	De:
		Sistema de Proyección						1
Subsistema	Función		Falla Funcional		Modo de Falla		Efecto de Falla	
Sistema de Proyección	1	Recibir ambos componentes de la espuma previamente calentados y mezclarlos.	A	Incapaz de recibir los componentes de una manera adecuada y mezclarlos en una proporción 1:1	1	Mala conexión de las mangueras de alimentación de los componentes.	Los componentes son incapaces de avanzar hasta el bloque de conexión.	
					2	Mal acople del bloque de conexión.	Los componentes no pueden ingresar al bloque de mezcla de manera adecuada y se derraman.	
					3	Bloqueo de válvulas antirretorno o filtros.	La obstrucción de estos elementos no permite la correcta circulación de los componentes a través del bloque de mezcla.	
					4	Bloque o módulo de mezcla obstruidos.	La mezcla no se realiza de manera adecuada debido a la obstrucción del bloque o el módulo.	
	2	Proyectar los componentes que se mezclados para formar la espuma de PU.	A	Pistola incapaz de proyectar de forma homogénea la mezcla de los componentes	1	Falta de presión de aire.	No se alcanza la presión de aire de 7 bar requerida y no se	
					2	Válvulas manuales de componentes mal reguladas.	La relación de 1:1 de los componentes no se cumple por lo que la espuma no se produce adecuadamente.	
					3	Mala regulación de cierre de aguja.	La proyección de la espuma es deficiente generando un abanico deforme	
					4	PDC (boquilla de proyección) bloqueada.	No se genera un abanico adecuado y pierde la forma al proyectar.	

**ANEXO J: HOJA DE DECISIÓN DEL SISTEMA DE PROYECCIÓN**

HOJA DE DECISIÓN: Sistema de Proyección															
HOJA DE DECISIÓN RCM			Sistema/Activo				Sistema N°	Facilitador:				Fecha:	Hoja N°		
			Sistema de Proyección				1A1	Henry Montes				10/12/2023	1		
			Sub-Sistema/Componente				Subsistema N°	Auditor				Fecha:	De:		
			Sistema de Proyección										1		
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	Acciones a falta de			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR:
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar la revisión de las conexiones de las mangueras con el bloque de conexión	Semestral	Operador
1	A	2	S	N	S		S						Al unir el bloque de conexión con la pistola precautelar que el acople sea lo más hermético posible haciendo que encaje adecuadamente las geometrías.	Al conectar la máquina con la pistola	Operador
1	A	3	S	N	N	S	S						Realizar la inspección de los filtros y válvulas antirretorno determinar su estado, de ser el caso limpiar con disolvente.	Al ensamblar la pistola de proyección	Operador
1	A	4	S	N	N	S	S						Revisar que el bloque de mezcla y el modulo interno se encuentren libres de cualquier material sobrante, limpiar y eliminar con disolvente	Al ensamblar la pistola de proyección	Operador
2	A	1	S	N	N	S	S						Se debe comprobar que la conexión de aire a presión este correcta y que el compresor externo suministre la presión mínima requerida.	Antes de proyectar	Operador
2	A	2	S	N	N	S	S						Al empezar la proyección regular el flujo de componentes de tal manera que la espuma tenga la composición correcta, sobre una superficie de prueba.	Al comprobar la calidad de la proyección	Operador
2	A	3	S	N	N	S	S						Al probar la proyección de la espuma evaluar de forma visual si no se generan desperdicios o fugas por la boquilla, sino regular el cierre.	Al comprobar la calidad de la proyección	Operador
2	A	4	S	N	N	S	S						Evaluar de forma visual cual es la calidad del abanico de proyección acorde a la posición dada al PDC, de no ser adecuado limpiar con disolvente.	Al comprobar la calidad de la proyección	Operador



**ANEXO L: HOJA DE CHEQUEO PARA EL PROCESO DE AISLAMIENTO**

<b>Hoja de chequeo para el proceso de aislamiento</b>			
<b>Actividades</b>	<b>Encargado</b>	<b>Fecha de inicio</b>	<b>Fecha de Fin</b>
<b>Previo al proceso de aislamiento</b>			
Proceso de cableado e instalacion eléctrica			
<b>Realizar con el proceso de cableado e instalación electrica</b>	Componentes de espuma de poliuretano		Existencia de EPP y materiales para el mantenimiento
	Poliol		Tiner laca
	Isocianato		guapie
			Mascarilla de gases orgánicos
			Guantes de goma
			Overol desechable con capucha
			Zapatones
		Visores	
<b>Observaciones:</b>			
<b>LISTO:</b>			
<b>Realizar previo proyectar la espuma</b>	<b>Mantenimiento del sistema hidráulico</b>		<b>Mantenimiento del sistema de proyeccion</b>
	Mangueras hidráulicas		Mangueras de alimentación
	Nivel de aceite		Acople a pistola
	Presion de aceite en el manómetro		Válvulas y filtros de pistola
	Cilindro hidráulico		Bloque de mezcla
	Filtros de componentes		Presion de aire
	Mangueras de componentes		Válvulas de paso
		Aguja de cierre	
		Boquilla de proyección	
<b>Observaciones:</b>			
<b>LISTO:</b>			

<b>Actividades</b>	<b>Encargado</b>	<b>Fecha de inicio</b>	<b>Fecha de Fin</b>
<b>Proceso de aislamiento térmico y acústico</b>			
<b>Observaciones:</b>			
<b>Realizar posterior a proyectar la espuma</b>	<b>Descarga del material sobrante</b>		<b>Limpieza del equipo</b>
	Poliol		Limpieza del bloque de mezcla
	Isocianato		Limpieza de filtros y válvulas
			Limpieza de elementos de proyección
	Limpieza de filtros		
<b>Observaciones:</b>			
<b>LISTO:</b>			

## ANEXO M: DIAGRAMA DE PROCESOS OPTIMIZADO

DIAGRAMA DE PROCESOS PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO DE BUSES DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL										
MÉTODO: PROCESO OPTIMIZADO DE AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO CON ESPUMA DE POLIURETANO					DIAGRAMA N°: 3					
PRODUCTO: CAPA DE AISLAMIENTO CON ESPUMA DE POLIURETANO					FECHA: 10/12/2023					
OPERACIÓN: AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO DE TECHO Y PAREDES					HECHO POR: Henry Montes					
DEPARTAMENTO: ÁREA DE PRODUCCIÓN					HOJA N°: 1					
N° DE ACTIVIDAD	DISTANCIA [m]	TIEMPO [min]	SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA						DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	
										
1	1	22	10							Obtención de insumos y equipo de protección personal
2	1	0	5							Colocación de EPP.
3	2	11	10							Despeje y limpieza del piso de la unidad.
4	3	11	5							Eliminación con aire de partículas de las superficies a aislar.
5	4	11	10							Limpieza manual de partículas de las superficies a aislar.
6	1	17	5							Transporte de maquina y pistola de proyección desde el almacén al área de producción.
7	2	0	20							Inspección y mantenimiento de sistema hidráulico
8	5	0	5							Conexión de mangueras para recirculación.
9	6	0	5							Colocación de componentes de la espuma en los depósitos.
10	7	0	10							Encendido y precalentamiento de la máquina.
11	3	0	20							Inspección y mantenimiento de sistema de proyección
12	8	0	5							Conexión de pistola de proyección a las mangueras.
13	9	10	5							Encendido de compresor y conexión de línea de aire comprimido a la pistola.
14	1	0	3							Prueba de proyección de la espuma de poliuretano.
15	10	0	20							Proyección de espuma de poliuretano en paredes.
16	11	0	40							Proyección de espuma de poliuretano en techo
17	12	0	10							Apagado de máquina.
18	13	0	5							Desconexión de pistola de la línea de aire y de las mangueras.
19	14	0	2							Conexión de mangueras para recirculación.
20	4	0	20							Limpieza componentes y pistola de proyección.
21	2	17	10							Transporte de la maquina desde unidad al almacén.
22	1	0	15							Almacenamiento de máquina.

## ANEXO N: DIAGRAMA DE FLUJO OPTIMIZADO DEL PROCESO



## ANEXO O: ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO PROCESO ACTUAL

ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO								
MÉTODO: PROCESO ACTUAL DE AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO CON ESPUMA DE POLIURETANO				DIAGRAMA N°: 5				
PRODUCTO: CAPA DE AISLAMIENTO CON ESPUMA DE POLIURETANO				FECHA: 10/12/2023				
OPERACIÓN: AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO DE TECHO Y PAREDES				HECHO POR: Henry Montes				
DEPARTAMENTO: ÁREA DE PRODUCCIÓN				HOJA N°: 1				
N° DE ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	TIEMPO [min]	TIEMPO [h]	Agrega Valor		No Agrega Valor	
					VAE	VAC		
1	1		Búsqueda de insumos para limpieza y protección de superficies.	10	0,17			1
2	1		Despeje y limpieza del piso de la unidad.	26	0,43	1		
3	1		Eliminación con aire de partículas de las superficies a aislar.	5	0,08		1	
4	2		Limpieza manual de partículas de las superficies a aislar.	11	0,18		1	
5	3		Recubrimiento de elementos estructurales con cinta masking.	64	1,07		1	
6	4		Sellado de ventanas con plástico masking.	21	0,35			1
7	1		Transporte de maquina desde el almacén al área de producción.	5	0,08			1
8	5		Preparación de la máquina.	20	0,33	1		
9	6		Limpieza de filtros	15	0,25	1		
10	2		Transporte componentes desde el almacén al área de producción.	5	0,08			1
11	7		Conexión de mangueras para recirculación.	5	0,08		1	
12	8		Colocación de componentes de la espuma en los depósitos.	5	0,08	1		
13	9		Encendido y precalentamiento de la máquina.	10	0,17	1		
14	10		Conexión de pistola de proyección a las mangueras.	10	0,17	1		
15	11		Encendido de compresor y conexión de línea de aire comprimido a la pistola.	10	0,17	1		
16	1		Prueba de proyección de la espuma de poliuretano.	5	0,08		1	
17	2		Desmontaje de pistola y línea de aire comprimido.	10	0,17			1
18	3		Extracción de componentes de la espuma para mantenimiento de la máquina.	40	0,67			1
19	4		Desmontaje de depósitos de la maquina debido a cristalización de componentes.	80	1,33			1
20	5		Adquisición de disolvente.	10	0,17			1
21	6		Lavado de depósitos y líneas de conexión.	60	1,00			1
22	7		Ensamblaje de depósitos.	40	0,67			1
23	12		Colocación de componentes de la espuma en los depósitos.	5	0,08	1		
24	13		Encendido y precalentamiento de máquina.	10	0,17	1		
25	14		Conexión de pistola de proyección a las mangueras.	10	0,17	1		
26	2		Encendido de compresor y conexión de línea de aire comprimido a la pistola.	10	0,17	1		
27	2		Prueba de proyección de la espuma de poliuretano.	5	0,08		1	
28	3		Colocación de EPP.	10	0,17	1		
29	15		Proyección de espuma de poliuretano en techo y paredes.	31	0,52		1	
30	3		Transporte componentes desde el almacén al área de producción.	5	0,08			1
31	16		Colocación de componentes de la espuma en los depósitos.	5	0,08	1		
32	4		Transporte de la maquina desde la primera unidad a la segunda.	10	0,17			1
33	17		Proyección de espuma de poliuretano en paredes.	13	0,22		1	
34	5		Transporte de la maquina desde la segunda unidad a la tercera.	5	0,08			1
35	18		Proyección de espuma de poliuretano en paredes.	17	0,28		1	
36	19		Apagado de máquina.	15	0,25	1		
37	20		Desconexión de pistola de la línea de aire y de las mangueras.	5	0,08	1		
38	21		Conexión de mangueras para recirculación.	2	0,03	1		
39	22		Limpieza de pistola de proyección.	20	0,33	1		
40	6		Transporte de la maquina desde la tercera unidad al almacén.	10	0,17			1
41	1		Almacenamiento de máquina.	15	0,25			1
<b>Total</b>				670,00	11,17	17	9	15

## ANEXO P: ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO PROCESO OPTIMIZADO

ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO								
MÉTODO: PROCESO ACTUAL DE AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO CON ESPUMA DE POLIURETANO						DIAGRAMA N°: 6		
PRODUCTO: CAPA DE AISLAMIENTO CON ESPUMA DE POLIURETANO						FECHA: 10/12/2023		
OPERACIÓN: AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO DE TECHO Y PAREDES						HECHO POR: Henry Montes		
DEPARTAMENTO: ÁREA DE PRODUCCIÓN						HOJA N°: 1		
N° DE ACTIVIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	TIEMPO [min]	TIEMPO [h]	Agrega Valor		No Agrega Valor	
					VAE	VAC		
1	1	●	Obtención de insumos y equipo de protección personal.	10	0,17	1		
2	1	●	Cobcación de EPP.	5	0,08	1		
3	2	●	Despeje y limpieza del piso de la unidad.	10	0,17		1	
4	3	●	Eliminación con aire de partículas de las superficies a aislar.	5	0,08		1	
5	4	●	Limpieza manual de partículas de las superficies a aislar.	10	0,17		1	
6	1	➡	Transporte de maquina y pistola de proyección desde el almacén al área de producción.	5	0,08			1
7	2	●	Inspección y mantenimiento de sistema hidráulico.	20	0,33	1		
8	5	●	Conexión de mangueras para recirculación.	5	0,08	1		
9	6	●	Cobcación de componentes de la espuma en los depósitos.	5	0,08	1		
10	7	●	Encendido y precalentamiento de la máquina.	10	0,17	1		
11	3	●	Inspección y mantenimiento de sistema de proyección	20	0,33		1	
12	8	●	Conexión de pistola de proyección a las mangueras.	5	0,08	1		
13	9	●	Encendido de compresor y conexión de línea de aire comprimido a la pistola.	5	0,08	1		
14	1	■	Prueba de proyección de la espuma de poliuretano.	3	0,05		1	
15	10	●	Proyección de espuma de poliuretano en paredes.	20	0,33		1	
16	11	●	Proyección de espuma de poliuretano en techo.	40	0,67		1	
17	12	●	Apagado de máquina.	10	0,17	1		
18	13	●	Desconexión de pistola de la línea de aire y de las mangueras.	5	0,08	1		
19	14	●	Conexión de mangueras para recirculación.	2	0,03	1		
20	4	●	Limpieza componentes y pistola de proyección.	20	0,33	1		
21	2	➡	Transporte de la maquina desde unidad al almacén.	10	0,17			1
22	1	▼	Almacenamiento de máquina.	15	0,25			1
<b>Total</b>				240,00	4,00	12	7	3

## ANEXO Q: OFICIO DE CONFORMIDAD



Riobamba, 16 de febrero de 2024

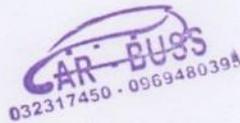
Presente

De mi consideración:

Yo Víctor Sergio Yaulema Ocaña, en calidad de gerente de CAR-BUSS YAULEMA de la ciudad de Riobamba, me permito informar que el trabajo de titulación “ESTUDIO Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA INSTALACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARROCERÍAS PARA BUSES DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL DE PASAJEROS” realizado por el señor HENRY PAÚL MONTES GUAMÁN con CC: 0605945559, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se ha culminado satisfactoriamente, por tal motivo, se emite la **CONFORMIDAD DEL TRABAJO**.

Sin más que añadir anticipo mi sincero agradecimiento.

Atentamente,



Sr. Víctor Sergio Yaulema Ocaña  
GERENTE CAR-BUSS YAULEMA





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 26/03/2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Henry Paúl Montes Guamán
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Mecánica
<b>Carrera:</b> Ingeniería Industrial
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Industrial
 <b>Ing. Eugenia Mercedes Naranjo Vargas, M.Sc.</b> <b>Directora del Trabajo de Integración Curricular</b>
 <b>Ing. Jaime Iván Acosta Velarde, M.Sc.</b> <b>Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b>