

**DISEÑO DE LABORATORIO MOVIL PARA LA EVALUACION Y CONTROL DE
LA CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL**

MARIO ALEJANDRO PEREZ OCHOA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

**DISEÑO DE LABORATORIO MOVIL PARA LA EVALUACION Y CONTROL DE
LA CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL**

MARIO ALEJANDRO PEREZ OCHOA

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

ING. JABID EDUARDO QUIROGA MÉNDEZ

Codirector

ING. LUIS EDUARDO GARCIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, como fuente de infinita grandeza, sabiduría y fortaleza.

A mis padres, María Fanny y Mario Alfonso, a quienes dedico este gran triunfo que hoy he culminado, gracias por su amor, voluntad y apoyo incondicional durante el transcurso de mi carrera, forjando en mí el camino del progreso, espero retribuirles algo de todo lo que con mucho esfuerzo me han brindado.

A mis hermanos, Yeimy Marilyn y Johnny Leonardo, gracias por su cariño, comprensión y motivación para continuar en la búsqueda de mis ideales, ya que en ustedes encuentro el hombro que me apoya, me enseña y me empuja a seguir adelante.

A mis familiares y amigos que de alguna u otra manera influyeron en la satisfacción del deber cumplido, gracias por enseñarme el valor de la familia, por ser amigos, cómplices y hermanos, este triunfo también se lo debo a ustedes.

MARIO ALEJANDRO PÉREZ OCHOA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
1 REQUERIMIENTOS LABORATORIO MOVIL	17
1.1 Requerimientos principales.....	17
1.2 Requerimientos de ejecución.....	18
1.3 Requerimientos técnicos.....	20
2 CLASIFICACION DE REQUERIMIENTOS Y VALORACION DE AREA	21
2.1 Requerimientos de Interés Común	22
2.2 Requerimientos del Laboratorio Móvil	22
2.2.1 Operacionales:	22
2.2.2 Movilidad:	23
2.3 Requerimientos de procesos o actividades del Laboratorio Móvil	23
2.4 Clasificación y valoración de área	24
2.4.1 Reconocimiento y clasificación de cada área.....	24
2.5 Valoración de requerimientos por importancia de área	24
3 SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	25
3.1 Selección de equipos principales (Patrones).....	26
3.1.1 Volumen o caudal volumétrico	27
3.1.1.1 Elemento motriz banco de caudal volumétrico	29
3.1.2 Cromatografía	31
3.1.3 Humedad relativa	32
3.1.4 Propiedades (Temperatura, Presión y Magnitudes eléctricas).....	32
3.2 Selección y diseño de equipos secundarios o complementarios	34

3.2.1	Diseño de la distribución de planta.....	35
3.2.2	Selección de equipos complementarios de operación	37
3.2.2.1	Aire acondicionado	38
3.2.2.1.1	Diseño de aislamiento de entorno.....	38
3.2.2.1.2	Diseño de acondicionamiento de aire	39
3.2.2.1.3	Cálculos de caudal volumétrico de aire	44
3.2.2.1.4	Cálculos de flujo de calor	50
3.2.2.2	Alimentación de energía eléctrica.....	56
3.2.2.2.1	Mecanismo de elevación	57
3.2.2.3	Alimentación de aire comprimido (Compresor).....	68
3.2.2.4	Sistema de elevación y transporte (grúa).	68
3.2.2.4.1	Adecuaciones para montaje de pescante	69
3.2.3	Equipos secundarios de movilidad	71
3.2.3.1	Instalaciones de equipos seleccionados.....	71
3.2.3.2	Dimensionamiento de entorno (furgón)	73
3.2.3.3	Selección de vehículo	76
3.2.3.4	Diseño de accesorios de acceso (Escalerillas).....	77
3.2.3.4.1	Acceso lateral	77
3.2.3.4.2	Acceso trasero	77
3.2.3.5	Diseño de estructura de LM.....	78
3.2.3.5.1	Análisis de elementos finitos estructura.....	83
3.2.3.6	Diseño de adecuaciones flujo de aire	88
3.2.4	Diseño de suspensión	94

3.2.5	Análisis de eliminación de vibraciones mecánicas para equipos críticos 95	
3.3	Materiales	96
4	PRESUPUESTO.....	97
4.1	General.....	97
4.2	Banco de caudal	98
4.3	Patrón de calidad de GAS	100
4.4	Bombas generadoras de presión.....	101
4.5	Vehículo y adecuaciones	102
4.6	Instrumentación variada.....	103
4.7	Patrones de calibración (MM)	104
4.8	Higrómetro y medidor de dew point	104
4.9	Varios.....	105
5	Conclusiones	106
	Bibliografía	107
	Anexos.....	108

FIGURAS

Figura 1. Equipos principales.....	25
Figura 2. Equipos secundarios.....	26
Figura 3. Equipos secundarios.....	27
Figura 4. Rotativo Imeter estándar.....	28
Figura 5. Rotativo Imeter tipo twin.....	28
Figura 6. Cargas de presión de blower.....	29
Figura 7. Proceso de selección y diseño.....	35
Figura 8. Distribución de planta.....	36
Figura 9. Equipos complementarios de operación.....	37
Figura 10. Aislamiento paredes y ventanas.....	39
Figura 11. Funcionamiento de mezcla de aire de acondicionamiento y banco de caudal volumétrico.....	40
Figura 12. Funcionamiento general de aire acondicionado simple.....	41
Figura 13. Esquema de fluidez y distribución.....	42
Figura 14. Distribución de aire.....	42
Figura 15. Flujo de aire cámara de mezcla.....	43
Figura 16. Aire Acondicionado y distribución de flujo de aire.....	44
Figura 17. Esquema de fluidez de aire en el LM.....	45
Figura 18. Esquema mezcla de aire.....	49
Figura 19. Esquema de cargas térmicas.....	50
Figura 20. Aislamiento de paredes.....	51
Figura 21. Alimentación eléctrica.....	56
Figura 22. Mecanismo de elevación de puerta de planta eléctrica. A) Abierta, B) Cerrada.	57
Figura 23. Plataforma de elevación de planta eléctrica 1.....	58
Figura 24. Plataforma de elevación planta eléctrica.....	59
Figura 25. Seguimiento de plataforma de elevación.....	60
Figura 26. Triángulos de puntos críticos.....	60
Figura 27. Triángulos de puntos críticos.....	61
Figura 28. Punto crítico.....	61
Figura 29. Diagrama de fuerzas biela.....	62
Figura 30. Descripción plataforma de elevación.....	62
Figura 31. Ángulos máximos de biela.....	63
Figura 32. Descripción elementos de plataforma de elevación PE.....	64

Figura 33. Descripción plataforma de elevación.	66
Figura 34. Descripción plataforma de elevación (manual).	67
Figura 35. Compresor DeWALT D55153.	68
Figura 36. Grúa pescante fabricado.	69
Figura 37. Montaje Grúa Pescante.	70
Figura 38. Vistas frontal de montaje de grúa pescante.	70
Figura 39. Vista superior de montaje grúa pescante.	71
Figura 40. Montaje escaleras laterales.	77
Figura 41. Montaje escalera posterior.	78
Figura 42. Modelo Visual bloque.	79
Figura 43. Estructura principal LM.	80
Figura 44. Estructura ducto superior.	80
Figura 45. Estructura módulos de almacenamiento inferior.	81
Figura 46. Estructura general total LM 1.	82
Figura 47. Estructura general total LM 2.	82
Figura 48. Enmallado estructura principal.	84
Figura 49. Cargas y soportes.	85
Figura 50. Deformación estructura principal.	86
Figura 51. Esfuerzo estructura principal.	86
Figura 52. Esfuerzo estructura principal.	87
Figura 53. Factor de seguridad estructura principal.	87
Figura 54. Análisis de flujo lateral central cambios de temperatura.	88
Figura 55. Análisis de flujo vista superior cámara de mezcla.	89
Figura 56. Análisis de flujo con placas para aumento de turbulencias.	89
Figura 57. Análisis de flujo con placas de aumento de turbulencia 2.	90
Figura 58. Análisis de flujo Vista superior cámara de mezcla presión.	90
Figura 59. Análisis de flujo Vista lateral Presión.	91
Figura 60. Análisis de flujo de temperatura puerta cerrada.	91
Figura 61. Suspensión neumática.	94

TABLAS

Tabla 1. Comparación de medidores de caudal de gas.....	30
Tabla 2. Parámetros técnicos de patrones de calibración.	32
Tabla 3. Selección de equipos de medición.....	34
Tabla 4. Calor generado por equipos eléctricos y electrónicos.	54
Tabla 5. Consumo eléctrico de equipos.	57
Tabla 6. Criticidad de equipos.	72
Tabla 7. Parámetros de análisis.	83
Tabla 8. Cargas análisis estructural.....	84
Tabla 9. Material LM.....	96
Tabla 10. Presupuesto general.	97
Tabla 11. Presupuesto banco de caudal volumétrico (Prover)	98
Tabla 12. Presupuesto calidad de gas.	100
Tabla 13. Presupuesto bombas generadoras de presión.	101
Tabla 14. Presupuesto vehículo y adecuaciones.	102
Tabla 15. Presupuesto Instrumentación variada.	103
Tabla 16. Presupuesto patrones de calibración (MM).....	104
Tabla 17. Presupuesto de higrómetro y medidor de dew point.....	104
Tabla 18. Presupuesto varios.	105

ANEXOS

Anexo A. Data sheet Chevrolet NPR camión plus.....	108
Anexo B. Manual de instalación y operación medidores Imeter.....	112
Anexo C. Data sheet ventiladores tangenciales.	113
Anexo D. Data sheet planta eléctrica DJ8000CLE.	115
Anexo E. Data sheet bloque seco.	116
Anexo F. Data sheet blower seleccionado.	118
Anexo G. Data sheet aire acondicionado.	119
Anexo H. Data sheet suspensión neumática.	120
Anexo I. Data sheet compresor DeWALT D55153.	122
Anexo J. Mesas de aislamiento mecánico.	123
Anexo K. Aislamiento mecánico equipos de laboratorios.	125
Anexo L. Data sheet Motor eléctrico EMG49 S330105.	127
Anexo M. Imágenes de diseño de laboratorio móvil.	128

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE LABORATIO MOVIL PARA LA EVALUACION Y CONTROL DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL ¹

AUTOR: MARIO ALEJANDRO PÉREZ OCHOA ²

PALABRAS CLAVES: Laboratorio móvil, mediciones, calibraciones, gas natural.

DESCRIPCION

Las empresas del sector gas del país ven la creciente necesidad de hacer un mejor control a todos sus procesos, para garantizar mayor rentabilidad y competitividad frente a otras empresas del sector, ya sean nacionales e internacional. Con el objetivo de contribuir con la misión del CDT de Gas, este trabajo de grado pretende fortalecer la estructura metrológica de la industria nacional en materia de mediciones de gas, generando la capacidad de aseguramiento metrológico de sus medidores de gas tipo turbina, rotativos y diafragma, así como la calidad de este. Es por ello que se pretende diseñar una facilidad tecnológica que le permita al CDT de GAS tener una mayor cobertura de calibración de equipos, brindando equidad en sus procesos y garantizando el cumplimiento de la regulación aplicable en torno a las mediciones.

Este diseño, se constituye en el inicio de un proceso de varias etapas, el cual comienza por el diseño y pre-selección de las facilidades tecnológicas más adecuadas (El cual es el objeto de este proyecto), soportado y validado por una simulación CAD/CAE, para la evaluación y control, de la calidad y cantidad de gas natural que estará al servicio de empresas distribuidoras y transportadoras de gas del país y de la comunidad en general. Se pretende mitigar los efectos que ocasiona el desconocimiento de la desviación de los estándares de operación de los medidores de gas, y co-ayudar a que los distribuidores y transportadores de gas realicen mediciones con menores incertidumbres; y para que el usuario tenga la certeza de que lo que le están cobrando es lo que está consumiendo realmente.

¹ Proyecto de grado

² Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ing. Jabid Quiroga. Co-director: Ing. Luis E. García.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF MOBIL LABORATORY FOR NATURAL GAS EVALUATE, QUALITY CONTROL AND QUANTITY ³

AUTHOR: MARIO ALEJANDRO PEREZ OCHOA ⁴

KEY WORDS: Mobil laboratory, measurements, calibration, natural gas.

DESCRIPTION

The gas companies from the country see a growing need to do the better control in its process. All that things are to ensure greater profitability and competitiveness against other national and international companies. This is in order to contribute to the mission of gas's CDT. This graduate work is intending strengthen the Metrologic structure in the national industry on gas's measurements. This creates the ability to metrological assurance of the turbine, rotary and diaphragm gas meters and the quality of this. That is why a facility is intended to design technology that allows to the gas's CDT have increased coverage of calibration equipment, providing equity in their process and ensure compliance with applicable regulation around of measurements.

This design constitutes the beginning of a multistage process, which begins with the design and preselecting the most appropriate technological facilities (which is the subject of this project). This is supported and validated by a CAD/CAE simulation for the evaluation and control of natural gas quality and quantity that will serve distribution companies and gas transportation from the country and the wider community. It is intended to mitigate the effects cause by the lack of deviation from the standard operation of gas meters, and co-helping retailers and gas transporters performing measurements with less uncertainty, and so that the user is satisfied that you are being billing is that is actually consuming.

³Degree Work

⁴ Physical-Mechanical Engineering Faculty, Mechanical Engineering, Director: Eng.Jabid Quiroga. Co-director: Eng. Luis E. Garcia.

INTRODUCCIÓN

Existen dos aspectos cruciales dentro de la industria del gas natural: la medición de los volúmenes de gas y el análisis de su calidad. Es necesario resaltar que - hasta la fecha y en general- estos dos aspectos han sido abordados de forma inconexa, lo cual ha impedido la unión de estas dos disciplinas, las cuales son complementarias y su conjunto demanda una atención integral para garantizar una medición trazable (con incertidumbres apropiadas a los procesos), y un control de la calidad del gas natural que permita asegurar el cumplimiento de la regulación nacional aplicable, buscando de esta manera el mantenimiento de la integridad de las redes de gasoductos y de forma paralela, garantizando la protección al Usuario Final.

A la anterior separación de áreas del conocimiento (componente física y componente analítica), se suma el hecho que los laboratorios actualmente consolidados en materia de calibración de medidores de gas en Colombia, prestan sus servicios en instalaciones de carácter estacionario, de manera que los medidores deben desmontarse para ser enviados hasta las ciudades donde operan tales laboratorios. Esta situación genera problemas operacionales y logísticos, requiriendo la aplicación de acuerdos de medición para los días o las semanas en que el medidor se encuentre fuera de línea, sin contar los sobrecostos y riesgos que se derivan del transporte de los equipos desmontados. Solo para aquellos sistemas cuyos volúmenes representan un alto impacto en los balances de los gasoductos y por ende en los valores facturados, se justifica el traslado de los grandes medidores hasta laboratorios fijos acondicionados para calibración a altos caudales.

En el caso de la calidad del gas, las dificultades son similares a las de calibración de medidores:

- De un lado, en aquellos sistemas que no cuentan con cromatógrafo o análisis de composición en línea, las muestras son recolectadas en campo,

utilizando cilindros especialmente diseñados para tal fin, pero a través de puntos de conexión que generalmente no cuentan con las características adecuadas para realizar un muestreo representativo del gas natural transportado. Posteriormente las muestras son enviadas a laboratorios (acreditados y/o no acreditados) para sus respectivos análisis, resultados que normalmente son reportados de una a dos semanas después de tomadas las muestras.

- De otro lado los cromatógrafos instalados en línea, solo permiten la realización de análisis C6+, limitando la capacidad de discriminar los posibles componentes pesados del gas natural, y un adecuado análisis del Hydrocarbon Dew Point (Punto de rocío de Hidrocarburos) mediante EOS (Equation of State – Ecuaciones de Estado) como Peng-Robinson (PR) o Soave-Redlich-Kwong (SRK), tema que en la actualidad, es materia de análisis en institutos que lideran la investigación aplicada a las propiedades del gas natural.

1 REQUERIMIENTOS LABORATORIO MOVIL

Los requerimientos del laboratorio móvil están regidos por varios interesados en el proyecto y pueden ser agrupados como se indica a continuación:

- Clientes finales (consumidores industriales y residenciales), distribuidores, transportadores y productores de gas natural.
- Transportador, operador, constructor, mantenedor y ejecutor.
- Requerimientos técnicos.

1.1 Requerimientos principales

Los principales interesados por la medición de calidad y cantidad del gas, son los participantes en procesos de transferencia de Custodia, especialmente los **clientes finales** (consumidores de gas natural), por consiguiente, son quienes generan los principales requisitos:

- Correctas mediciones en medidores de gas.
- Un alto grado de calidad energética del gas.
- Un servicio continuo.

Como interesados secundarios, se encuentran los **transportadores y productores** de gas natural respectivamente, debido a que con medidores de alto y medio caudal de gas natural, un error pequeño en la medición representa gran cantidad de dinero. De donde se pueden extraer unos de los más importantes requerimientos:

- Correctas mediciones en los puntos de transferencia de custodia.
- El traslado de medidores a un sitio especializado para realizar su calibración, ocasionando costos elevados debido al transporte y manejo de

los mismos, sin contar con el riesgo asociado a daños durante el transporte, por lo cual se requiere evitar su traslado.

- Capacidad de reacción en la calibración de medidores con posibles desviaciones de medición.
- Mediciones de propiedades de gas tales como: Capacidad calorífica, humedad, punto de rocío, H₂S, etc.
- Análisis de composición de gas natural por medio de cromatografía de alto nivel detección (Para componentes C9+).

1.2 Requerimientos de ejecución

Para la ejecución de la facilidad tecnológica (Laboratorio móvil) el principal implicado es el **transportador** puesto que de él depende la operación y el mantenimiento de la red de gasoductos lo que genera el interés de contar con la facilidad tecnológica para realizar operaciones de aseguramiento metrológico en la red que opera.

Los requerimientos identificados se listan a continuación:

- Económico
- Funcional
- Compacto
- Estético
- Eficaz y eficiente
- Excelencia en el servicio a usuarios finales
- Bajo consumo de combustible
- Bajo consumo de energía
- Bajo costo de mantenimiento
- Número de personal reducido
- Mejor acceso a sitios geográficamente apartados
- Competitivo en términos técnico económicos
- Seguro para el personal

- Seguridad de laboratorio móvil
- Escalable
- Amigable con el medio ambiente.

Para efectos de manejar, operar y mantener el Laboratorio Móvil será necesario contar con personal competente el cual requiere de ciertas condiciones para ejecutar su labor de manera apropiada, por lo cual se generan los siguientes requisitos:

- Comodidad
- Ergonomía
- Funcionalidad
- Fácil manejo
- Repetibilidad de ensayos
- Accesibilidad laboratorio móvil
- Seguridad
- Herramientas, materiales, EPP, etc.
- Confort

En el proceso de diseño se busca visualizar los problemas posibles para preverlos antes de la fabricación, por lo tanto se deben plantear soluciones simples pero funcionales, de lo que se generan requerimientos para la construcción de parte del **desarrollador** del laboratorio móvil así:

- Viabilidad de construcción (materiales y diseño)
- Procesos de manufactura disponibles y apropiados
- Facilidad de montaje
- Uso de normalización
- Prefabricación y pre ensamble por módulos

En el diseño se busca que los equipos suministren sus mejores prestaciones de servicio durante un prolongado espacio de tiempo, pero esto solo se logra con un adecuado **mantenimiento**, por lo que se requieren los siguientes aspectos para el laboratorio móvil:

- Accesibilidad
- Elementos normalizados y estandarizados
- Acceso para mantenimiento periódico corto

- Fácil acceso a lubricación vaciado y llenado
- Fácil acceso a filtros

Y por último el autor del proyecto (**ejecutor**), que para llevarlo a cabo y cumplir con las expectativas, debe obtener una solución óptima considerando:

- La obtención de ensayos y calibraciones altamente repetibles y reproducibles.
- Diseño robusto
- Facilidad de ejecución
- Cumplimiento de especificaciones del producto
- Posibilidad de ampliación en el futuro
- Satisfacción del cliente, operador, constructor y mantenedor.

1.3 Requerimientos técnicos

Los requerimientos técnicos se resumen en:

- Calibración de medidores de volumen y caudal de gas de 3 m³/hr a 650 m³/hr, para medidores de 1 in a 4 in.
- Análisis cromatográfico de gas natural C6+ y lineamientos trazados por el RUT⁵
- Instrumentos para calibraciones de presión, temperatura y magnitudes eléctricas etc.

Estos requerimientos son la base para una preselección de los principales equipos del laboratorio móvil.

⁵ Reglamento Único del Transporte de Gas

2 CLASIFICACION DE REQUERIMIENTOS Y VALORACION DE AREA

Los requerimientos en general se clasifican en dos: Principales y Secundarios.

Los equipos del laboratorio móvil están sujetos a requisitos mínimos de funcionamiento, lo que infiere la necesidad de acoplamiento y concordancia entre estos, de donde se extraen los requisitos principales:

- Funcional
- Compacto
- Rapidez y cumplimiento de servicios
- Uso de elementos normalizados
- Trazabilidad
- Accesos a sitios geográficamente alejados
- La energía suministrada es suficiente

Los requerimientos secundarios son aquellos que no tienen mucha influencia sobre el buen funcionamiento de la instrumentación, Se incluyen como requerimientos secundarios:

- El lugar donde se adecuan todos los instrumentos
- La mejor y más útil disposición de elementos en el laboratorio móvil.
- Buenas condiciones de espacio de trabajo de manera que sea confortable para el personal, la operación de laboratorio móvil.
- El suministro de energía eléctrica suficiente para suplir la carga de todos los elementos de calibración y los que se van a calibrar.

- Un automotor con suficiente capacidad de carga y control de ambiente.
- Herramientas suficientes y necesarias que deberán estar siempre al alcance del personal.
- Una zona de trabajo adecuada con todos los elementos de seguridad requeridos para trabajar gases combustibles.
- Elementos de elevación de carga con una capacidad máxima no inferior a 100kg fuerza que es lo máximo que se desea levantar.

2.1 Requerimientos de Interés Común

Los requerimientos de interés común son: Condiciones de ambiente controladas, temperatura, humedad y presión. Además se debe lograr que el laboratorio móvil sea de un valor monetario de ejecución lo más bajo posible (Eficaz), también este debe ser eficiente energéticamente.

El mantenimiento es parte importante del laboratorio móvil pues contribuye a su durabilidad.

2.2 Requerimientos del Laboratorio Móvil

2.2.1 Operacionales:

- Ambiente controlado
- Estabilidad eléctrica
- Aislamiento sonoro
- Bajos niveles de vibración producida por equipos

- Aseguramiento contra descargas eléctricas
- Sistema de cableado aislado
- Sistema contra incendios
- Sistemas contra robo
- Suministro de combustible para generar energía
- Suministro para equipos

2.2.2 Movilidad:

- Vibraciones
- Empotramiento y sujeciones
- Desbalance de equipos
- Herramientas de mecánica básica
- Repuestos
- Señalización
- Combustible suficiente
- Modulación segura

2.3 Requerimientos de procesos o actividades del Laboratorio Móvil

- Mínimas vibraciones mecánicas para evitar el deterioro operacional o metrológico de los equipos o instrumentos a bordo.

- Inexistencia de fugas en tuberías para calibraciones de caudal volumétrico y o presión.
- Buena iluminación en el puesto de trabajo.
- Herramientas para montaje y desmontaje necesario en el puesto de trabajo.
- Aseguramiento energético en operaciones de equipos.

2.4 Clasificación y valoración de área

2.4.1 Reconocimiento y clasificación de cada área

- Área de calibración de caudal volumétrico (Caudal)
- Área de análisis de calidad de gas (Cromatografía)
- Área de calibración de temperatura
- Área de calibración de presión
- Área de calibración de magnitudes eléctricas

2.5 Valoración de requerimientos por importancia de área

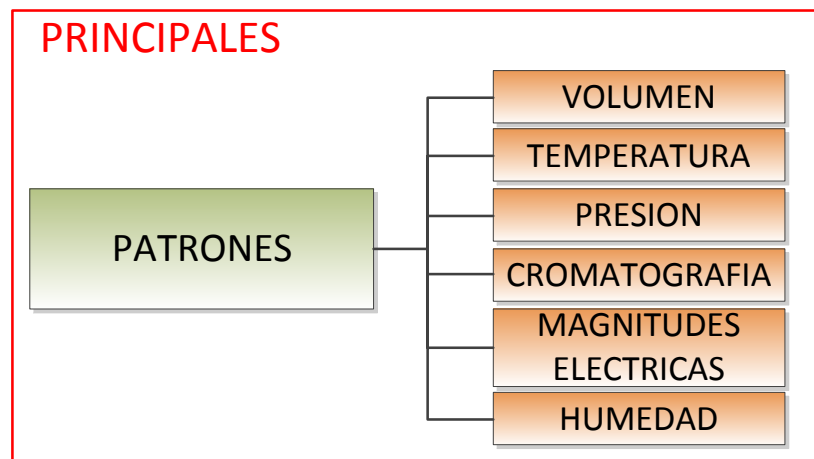
El área crítica es el banco de calibración de caudal volumétrico, debido a que el blower puede generar vibraciones mecánicas al sistema generando errores en la calibración. Con esto se observa la necesidad de aislar mecánicamente al blower y motor respectivo del banco de caudal volumétrico, además de satisfacer unas condiciones ambientales requeridas por el banco, así como las calibraciones de temperatura.

El equipo de cromatografía es un elemento muy importante en el problema de nivelación y/o compensación del aire ambiente, porque es un equipo que genera calor y consume una gran cantidad de energía.

3 SELECCIÓN DE EQUIPOS

En los equipos principales se encuentran representados los correspondientes a requerimientos técnicos funcionales, parámetros, condiciones y factores considerados anteriormente, y se representan en la Figura 1. Equipos principales.

Figura 1. Equipos principales.

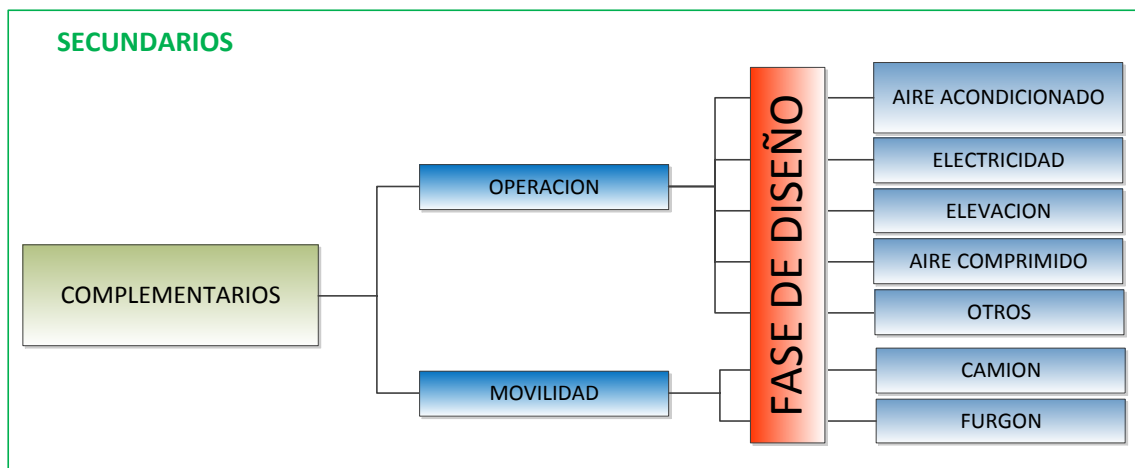


Fuente: Autor del proyecto.

Los equipos secundarios incluyen aquellos que complementan a los equipos principales o patrones, para un buen funcionamiento y movilidad (Ver. Figura 2. Equipos secundarios.).

Los equipos principales están sujetos a varias condiciones especiales de funcionamiento y operación, además de factores como sujeciones y aditamentos de seguridad con el fin de garantizar la integridad de los equipos, y los secundarios o complementarios se seleccionan mediante un proceso iterativo, dependiente de esta interrelación entre los principales y los secundarios.

Figura 2. Equipos secundarios.

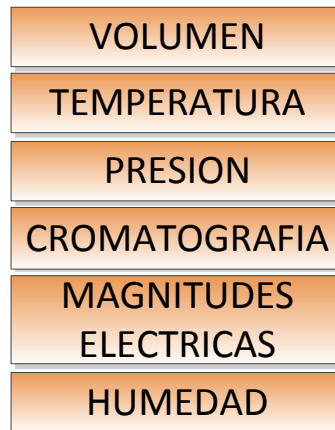


Fuente: Autor del proyecto.

3.1 Selección de equipos principales (Patrones)

Con base en los requerimientos funcionales y las características de los sistemas de medición objetivo, se seleccionan los patrones e instrumentos de medición que permitan obtener resultados reproducibles y técnicamente válidos.

Figura 3. Equipos secundarios.



Fuente: Autor del proyecto.

3.1.1 Volumen o caudal volumétrico

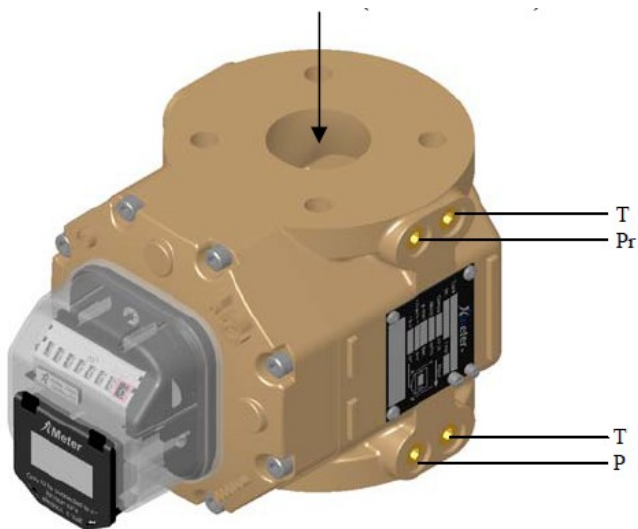
En la selección de Medidores patrón de **caudal volumétrico** se tienen varios parámetros:

- Requerimientos de intervalo de banco: 3 m³/h - 650 m³/h.
- Reproducibilidad
- Mediciones trazables
- Bajo Costo.

Cumpliendo así con los requerimientos técnicos especificados previamente, repetibilidad y reproducibilidad de datos (Comprobados en experiencias pasadas del CDT de GAS) y además de ser un medidor de requerimientos de operación bajos (no acondicionador de flujo, termo-pozos y tomas de presión incluidos en medidor), se selecciona un medidor rotativo Imeter G65 (Ver. Figura 4. Rotativo Imeter estándar.) que hace de patrón en calibraciones de bajo caudal en un rango desde 3 m³/h hasta 100 m³/h, y para medio caudal se selecciona un medidor rotativo Imeter G400 tipo twip (Ver. Figura 5. Rotativo Imeter tipo twin.) con una

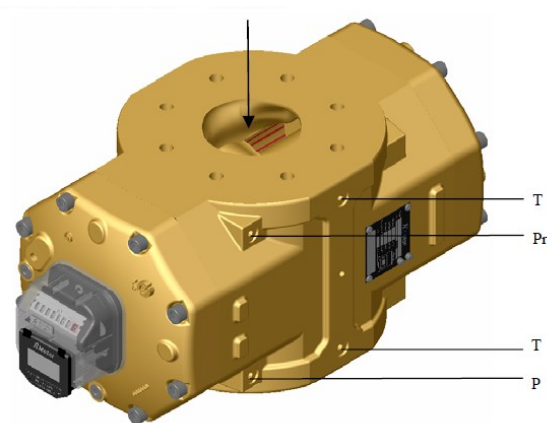
capacidad de 25 m³/h hasta 650 m³/h; el cual cumple con los requisitos de intervalo del banco de caudal volumétrico y una trazabilidad con el NMI (Nederland Meet Institute) y PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt).

Figura 4. Rotativo Imeter estándar.



Fuente: Pagina Imeter

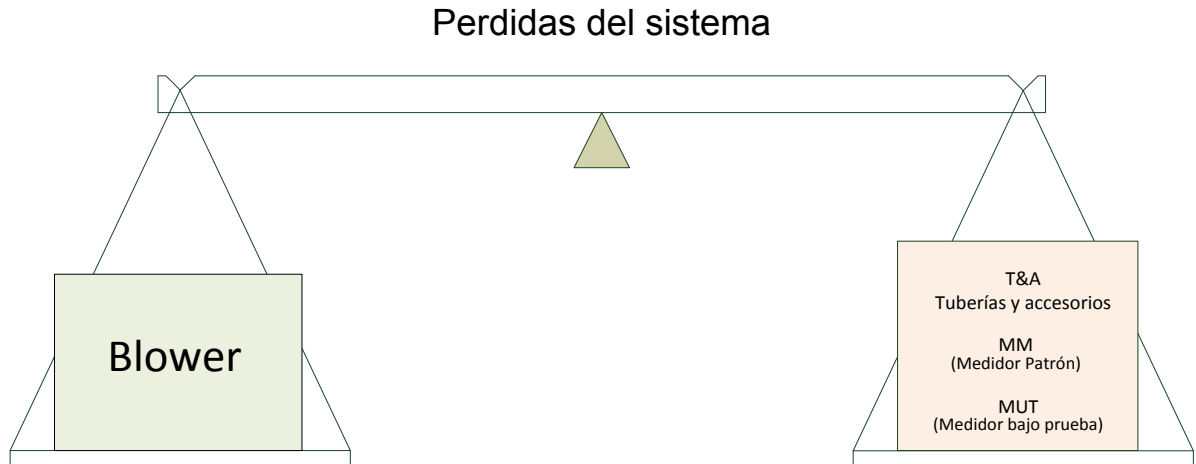
Figura 5. Rotativo Imeter tipo twin.



Fuente: Pagina Imeter.

3.1.1.1 Elemento motriz banco de caudal volumétrico

Figura 6. Cargas de presión de blower.



Fuente: Autor del proyecto.

Para hacer fluir el aire de calibración se requiere de ciertas condiciones, caudal variable de 3 m³/hr a 650 m³/hr, y una presión mínima para vencer pérdidas producidas por accesorios y tuberías en la línea de presión. Se selecciona por medio de caracterización de posibles configuraciones y tomando las pérdidas suministradas por fabricantes de cada equipo montado en el sistema y llevado esta sumatoria de caídas de presión a una ecuación así:

$$P_{Blower} = \Delta P_{T\&A} + \Delta P_{MM} + \Delta P_{MUT}$$

Dónde:

$\Delta P_{T\&A}$: Caída de presión en tuberías y accesorios.

ΔP_{MM} : Caída de presión en Master meter o medidor patrón (MM).

ΔP_{MUT} : Caída de presión en medidor bajo prueba (MUT).

$$\Delta P_{T\&A} = P_{T\&A(f)} - P_{T\&A(i)} = 50 [pa]$$

$$\Delta P_{MM} = P_{MM(f)} - P_{MM(i)} = 500 [Pa]$$

Dónde:

$P_{T\&A(f)}, P_{T\&A(i)}$: Presión al final e inicial de tubería y accesorios respectivamente.

$P_{MM(f)}, P_{MM(i)}$: Presión final e inicial del medidor patrón respectivamente.

Se asume el valor de pérdida de la marca RMG G400 Rotativo por comparación (Ver. Tabla 1. Comparación de medidores de caudal de gas.), por no tener información de la marca Imeter G400Twin. Ver Anexo B. Manual de instalación y operación medidores Imeter.

Además se tiene que para un medidor bajo prueba típico también se selecciona de la Tabla 1. Comparación de medidores de caudal de gas. el de máxima caída de presión como anteriormente se hizo con el MM, en donde se tiene que la caída de presión del MUT es:

$$\Delta P_{MUT} = 500 [Pa]$$

Por lo tanto

$$P_{Blower} = \Delta P_{T\&A} + \Delta P_{MM} + \Delta P_{MUT} \cong 1050 [Pa]$$

Se selecciona un blower de marca **Jetair Technologies con ref. GR100-E-71/2 de 0.5 hp** (Ver. Anexo F. Data sheet blower seleccionado.), que está clasificado como un ventilador de media presión.

Tabla 1. Comparación de medidores de caudal de gas.

	Dresser	RMG	Actaris	American meter company	Elster
--	---------	-----	---------	------------------------------	--------

Modelo	G400	G400	G400	AL2300	AL-800
Tipo	Rotativo	Rotativo	Rotativo	Diafragma	Diafragma
Q.max (m ³ /hr)	650	650	650	651,287458	220,8713988
Q.max (CFH)	22954,53	22954,53	22954,53	23000	7800
Presión (Pa)	310	500	210	500	500
Presión (in_WC)	1,24	2	0,84	2	2

Fuente: Autor del proyecto.

3.1.2 Cromatografía

Los siguientes parámetros se tienen en cuenta en la selección del **cromatógrafo**.

- Requerimientos de alcance de análisis cromatográfico:
- Confiabilidad y repetibilidad de resultados
- Gases patrón con trazabilidad
- Costo bajo
- Un entorno de funcionamiento con los menores requisitos posibles.

Se selecciona el cromatógrafo Agilent 7890A con los siguientes detectores: TCD (Detector de conductividad térmica), FID (Detector por ionización de llama), FPD (Detector fotométrico de llama). Además, se seleccionan varios tipos de gases patrón de la más alta calidad y trazabilidad para realizar una comparación adecuada.

3.1.3 Humedad relativa

Los siguientes parámetros se tienen en cuenta en la selección del **higrómetro**.

Requerimientos de alcance de análisis de humedad:

- Estabilidad de datos(Confiabilidad y repetibilidad de resultados)
- Costo bajo
- Un entorno de funcionamiento con los menores requisitos posibles

Se selecciona el PM880 Higrómetro portátil GE con su respectiva sonda tipo M y sales de referencia de la mejor calidad.

3.1.4 Propiedades (Temperatura, Presión y Magnitudes eléctricas)

En patrones para calibración de **temperatura, presión, magnitudes eléctricas** se tienen los parámetros de la Tabla 2. Parámetros técnicos de patrones de calibración.

Tabla 2. Parámetros técnicos de patrones de calibración.

Magnitud	Requerimientos		Alcances Lab. Móvil	
Presión	0 -1500 (psi) 0,2%	Manométric a o Absoluta	0 - 100 psig	0,05% F.S.
			0 - 500 psig	0,05% F.S.
			0 - 2000 psig	0,05% F.S.

		F.S. ⁶	Diferencial	0 - 15 psig	0,05% F.S.
			Barómetro	7,3 - 17,4 psia	0,05% F.S.
Temperatura	RTD	0 - 160 °F	0,1 °F	0 - 160 °F	0,1 °F
	B.S. ⁷			-10 - 100°C	0,25 °C
Magnitudes eléctricas		Tensión (Voltaje)		Multímetro	0,05% lectura
		Corriente		Multímetro	0,05% lectura
		Resistencia		Multímetro	0,10% lectura
		Corriente		Multi-calibrador	0 V-20 V 4 mA - 20 mA
		Pulsos		Multi-calibrador	
Osciloscopio				20 MHz; 25 MS/s	

Fuente: Autor del proyecto.

Y se tiene en cuenta los siguientes parámetros para su selección:

- Estabilidad de datos (Confiabilidad y repetibilidad de resultados)
- Costo bajo
- Fácil operación

Se toma la decisión de selección de los siguientes equipos:

⁶ Full scale: escala máxima de medición.

⁷ B.S. Bloque seco: Medio isotérmico utilizado para reproducción de temperaturas.

Tabla 3. Selección de equipos de medición.

MEDIDA	EQUIPO
Temperatura	Bloque seco Presys T25-N
	Súper termómetro Presys ST-501
	Rtd's (Pyromation.inc RBF o RAF)
Presión	Multi-calibrador Presys PC-507
	Peso muerto GETEC Serie 9000
	Un barómetro Honeywel HPA
Magnitudes eléctricas	Multi-calibrador Presys UC-504

Fuente: Autor del proyecto.

Ver data sheets de equipos seleccionados en anexos.

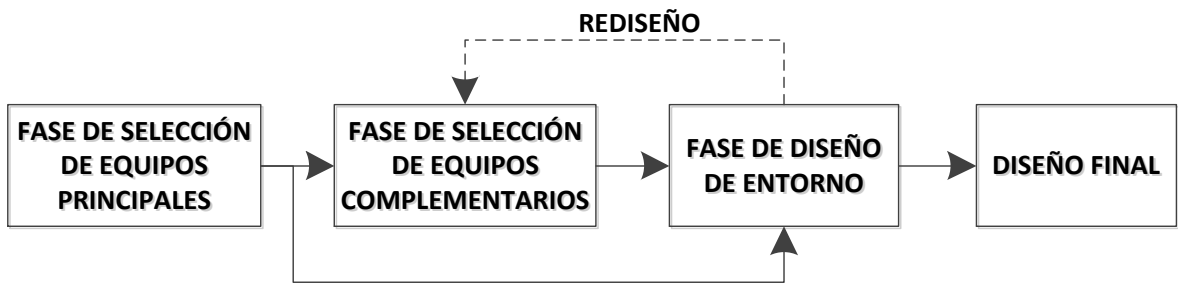
3.2 Selección y diseño de equipos secundarios o complementarios

Al finalizar la selección de equipos principales y/o patrones metrológicos se procede a seleccionar y diseñar equipos complementarios que permitan garantizar una correcta funcionalidad de cada uno de los elementos principales y también satisfacer así requerimientos de montaje y mantenimiento.

Debido a la complejidad de este diseño y la cantidad de componentes sería muy difícil seguir una línea en el proceso de diseño, lo que hace necesario llevar un diseño iterativo de componentes y subcomponentes, todos conectados entre sí

como se explica en la Figura 7. Proceso de selección y diseño. Y así llevar a un diseño general eficiente y eficaz de los elementos que lo conforman.

Figura 7. Proceso de selección y diseño.



Fuente: Autor del proyecto.

Esta Selección, diseño y rediseño se realiza de forma iterativa hasta llegar a un equipo seleccionado, con sus respectivos complementos para un correcto funcionamiento, todo esto según requerimientos técnicos establecidos, para el desempeño en campo de este de forma oportuna, eficiente y eficaz, y así satisfacer las expectativas de todos los entes que participan directa e indirectamente en el desarrollo del LM.

3.2.1 Diseño de la distribución de planta

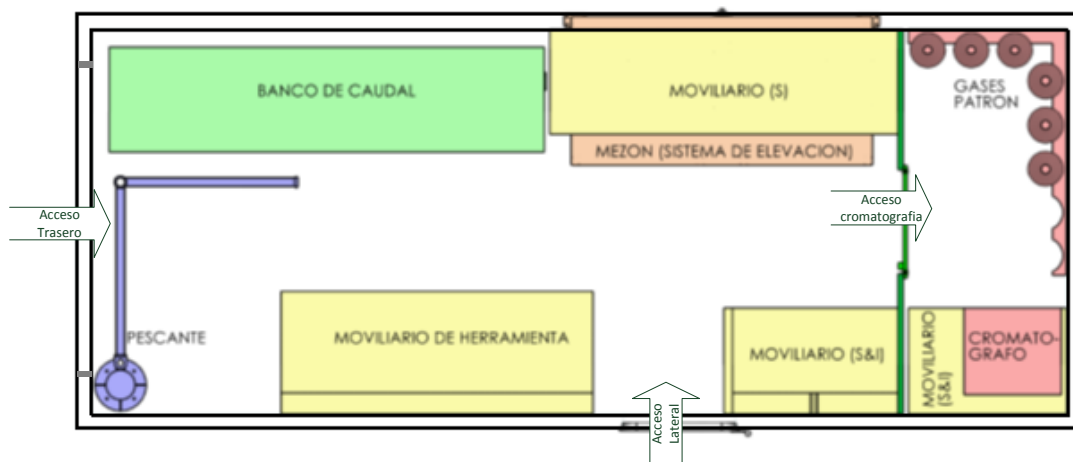
En primer lugar se comenzara a diseñar una distribución de planta que cumpla con los requerimientos de montaje y mantenimiento .Por otro lado ,se tomara como base los conocimientos previos de equipos principales y así pre-visualizar una distribución espacial de planta comenzando por el interior del LM y sus componentes internos y luego al exterior, pasando por el estudio del tipo de vehículo a utilizar y sus equipos OEM, para que no interfieran con el desarrollo de

esta distribución espacial de planta. Y de forma iterativa lograr una correcta distribución de todos y cada uno de los elementos.

Como condición primordial se excluye del entorno al banco de cromatografía por su alta generación de calor, ya que produce en el entorno un desbalanceo de las propiedades; como son presión y temperatura, esto es lo que hace indispensable que el módulo de cromatografía sea separado de este entorno controlado.

Después de un buen número de posibles distribuciones de planta se llega a una distribución de la siguiente forma:

Figura 8. Distribución de planta.



Fuente: Autor del proyecto.

La cual genera un entorno cómodo para trabajar, tanto para los operarios, como para la manutención de este.

En esta distribución de planta, se observan las ubicaciones principales del LM, como son:

- Banco de caudal
- Módulo de Presión, temperatura y magnitudes eléctricas
- Módulo de cromatografía y calidad de gas

- Grúa de elevación (Pescante)
- Sección de herramientas

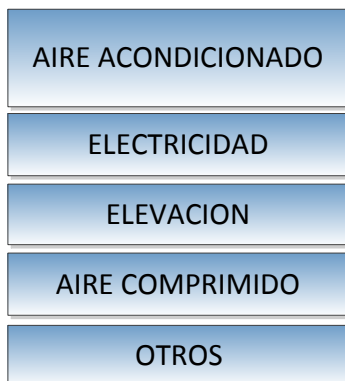
Estos módulos están ubicados con sus respectivas herramientas de trabajo independientes de cada área donde se está trabajando. Además, las gavetas superior inferior están identificadas en la Figura 8. Distribución de planta. con las letras S e I respectivamente, indicando en estos en puestos de trabajo.

En la parte inferior se ubicará la planta eléctrica, el compresor y herramientas en general aplicables al desmontaje de equipos in situ como son medidores, tubos de medición etc. Lo que hace necesario la verificación del OEM del vehículo en Anexo A. Data sheet Chevrolet NPR camión plus.

3.2.2 Selección de equipos complementarios de operación

Como se indicó, los equipos secundarios de operación son la garantía de un correcto funcionamiento de módulos de calibración, para esto se requiere de los siguientes equipos:

Figura 9. Equipos complementarios de operación.



Fuente: Autor del proyecto.

Cabe resaltar que esta selección se realizó después de varias iteraciones en la fase selección y diseño para obtener al final los siguientes equipos:

3.2.2.1 Aire acondicionado

Debido a la necesidad de conservar un ambiente controlado, para realizar calibraciones con buenos resultados metrológicos. Se incluye un sistema de acondicionamiento de aire de acuerdo a información suministrada por equipos principales seleccionados inicialmente , basados en requerimientos de confort de operarios y tomando la decisión de aislar del conjunto, el cromatografo por ser un elemento potencial de gran generación de calor (ambiente simplemente refrigerado con ventilación simple con aire externo), y luego de hacer cálculos enunciados en la sección de diseño de aire acondicionado y ductos, se selecciona un aire acondicionado tipo estacionario marca SAMSUNG de referencia **LG JETCOOL (G091CB)** Anexo G. Data sheet aire acondicionado.

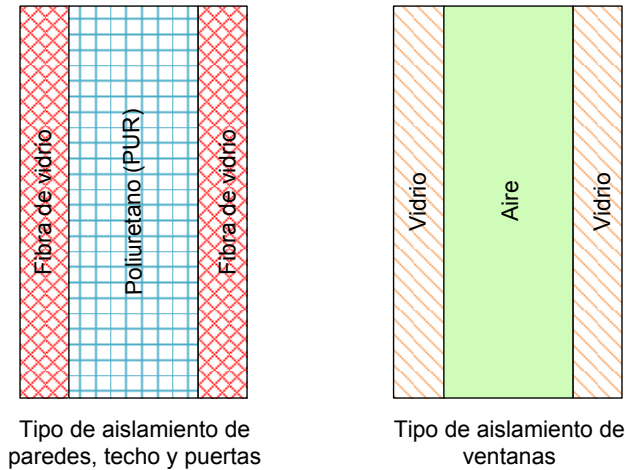
3.2.2.1.1 Diseño de aislamiento de entorno

Para garantizar un desempeño optimo del LM y tomando como referencia los materiales actualmente utilizados en la industria de las carrocerías tipo furgón de carga refrigerada y de oficinas y dormitorios movibles, se tiene como primer paso definir diferentes situaciones posibles de ubicación de aislamiento térmico del entorno como son:

- Paredes.
- Techo.
- Puertas de acceso.
- Visibilidad exterior (Ventanas).

Todas las anteriores deben estar contenidas en el sistema de aislamiento.

Figura 10. Aislamiento paredes y ventanas.



Fuente: Autor del proyecto.

El aislamiento de paredes, techo y puertas es de tipo sándwich con dos capas de fibra de vidrio y en la mitad una capa de poliuretano de alta densidad, con diferente espesor dependiendo de su ubicación. Mientras que para las ventanas son de dos capas de vidrio con una cámara de aire entre ellas, Como se indica en la Figura 10. Aislamiento paredes y ventanas.

Los espesores son definidos en la sección de cálculos de flujo de calor

En la sección Cálculos de flujo de calor se tiene en cuenta estas disposiciones

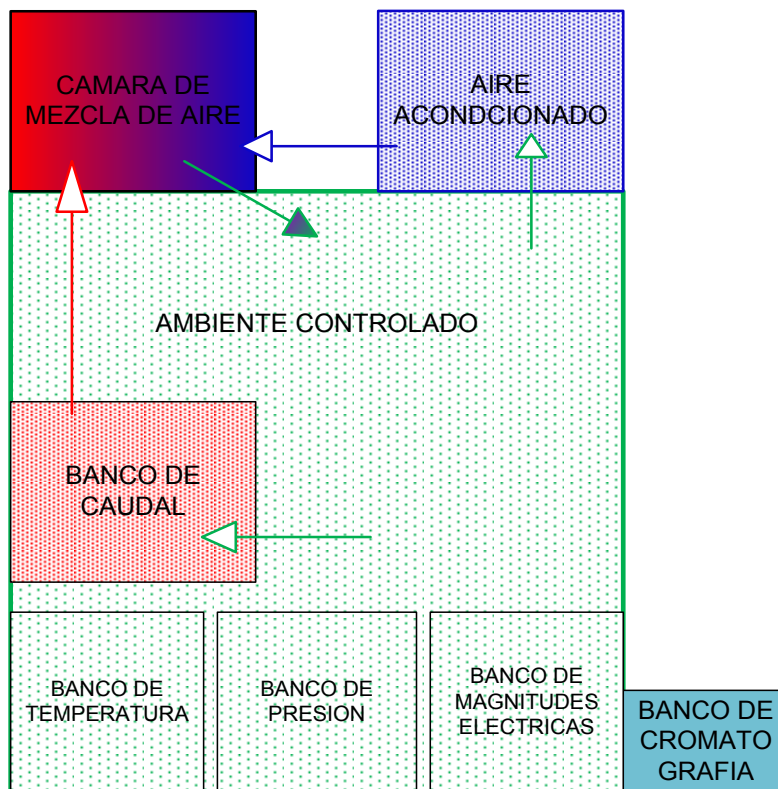
3.2.2.1.2 Diseño de acondicionamiento de aire

Con base en diseños típicos de acondicionamiento de entornos y replicando las necesidades del laboratorio móvil, se hace un análisis de funcionamiento de aires acondicionados para el acomodo del LM, como se ilustra en la Figura 11.

Funcionamiento de mezcla de aire de acondicionamiento y banco de caudal volumétrico.

En donde se especifica todos y cada uno de los principales mecanismo de cambios de temperatura de del ambiente a controlar

Figura 11. Funcionamiento de mezcla de aire de acondicionamiento y banco de caudal volumétrico.



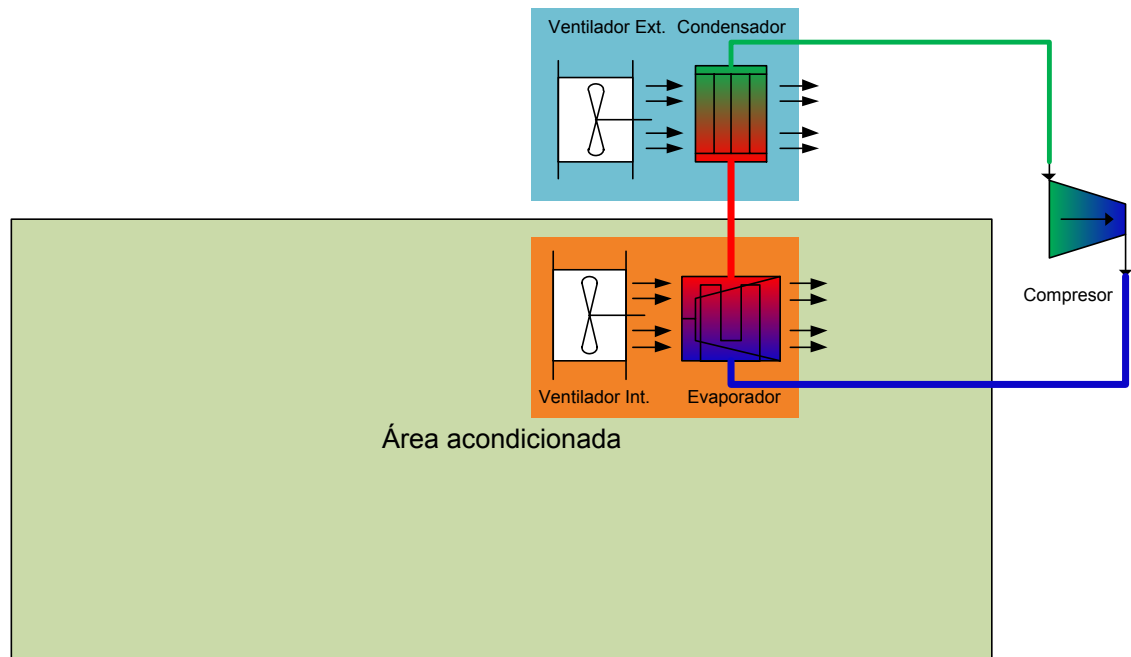
Fuente: Autor del proyecto.

Haciendo referencia a la forma de funcionamiento, y flujo de aire; además se debe tomar como esencial el estudio interno del sistema de aire acondicionado, para poder replicarlo al laboratorio móvil, que está restringido por el volumen a ocupar el sistema de acondicionamiento de aire, por optima ubicación y distribución de

ductos de entrada y salida del aire. Además de la exclusión de el volumen controlado a la sección de cromatografía como fue mencionado anteriormente.

Para una correcta distribución uniforme de aire acondicionado se toman varias alternativas de las cuales se desprenden formas de funcionamiento de aires acondicionados en el mercado, tipos de ubicaciones en los entornos como son de techo, ventana, Split, etc.

Figura 12. Funcionamiento general de aire acondicionado simple.

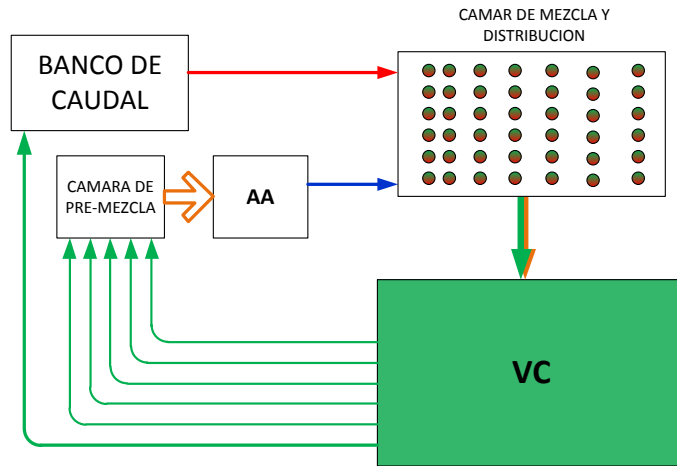


Fuente: Autor del proyecto.

En la Figura 13. Esquema de fluidez y distribución. se representa el funcionamiento del proceso de mezcla y distribución del aire .

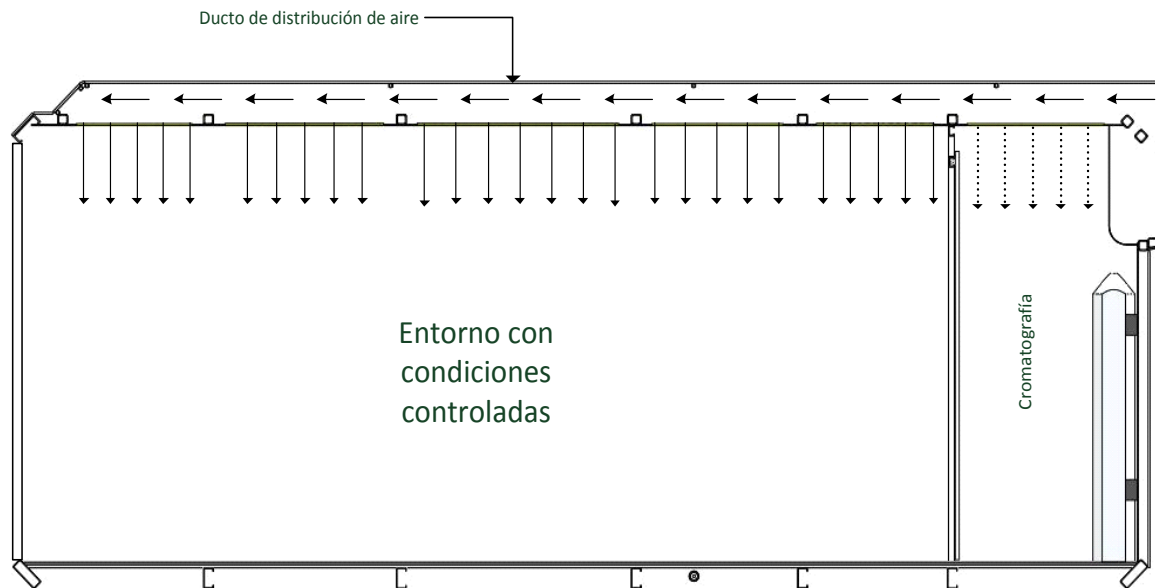
Después de efectuar un estudio de posibilidades se llega a una distribución en la parte superior (VER. Figura 14. Distribución de aire.), que a la vez que se distribuye, se mezclara en este ducto superior, el aire de acondicionamiento y el aire de salida del módulo de caudal.

Figura 13. Esquema de fluidez y distribución.



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 14. Distribución de aire.



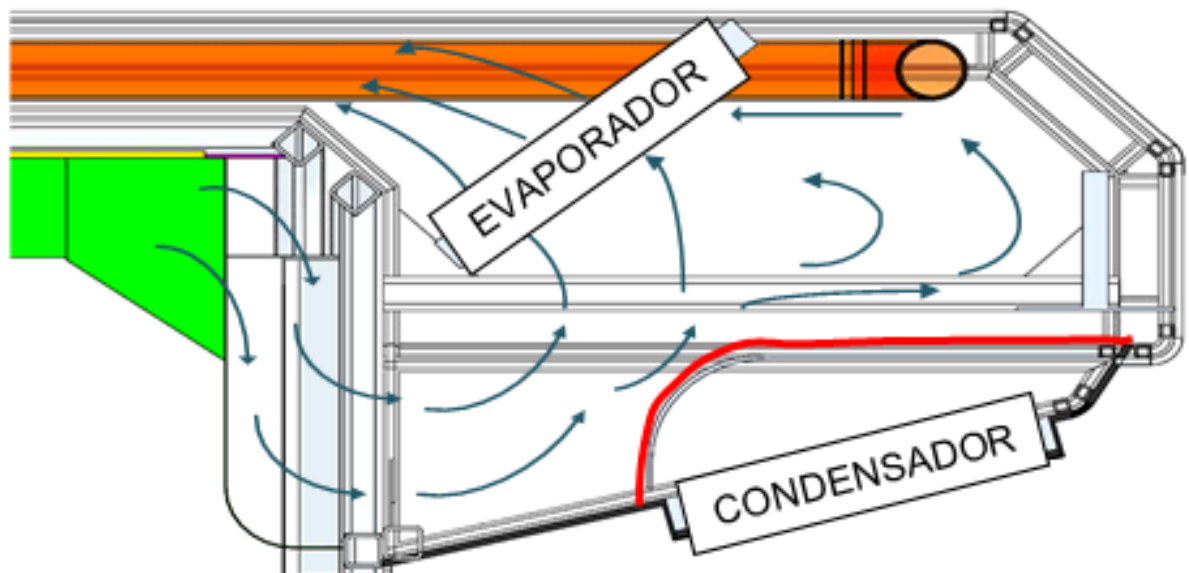
Fuente: Autor del proyecto.

Después de proponer varias configuraciones de distribución de aire se toma la decisión de colocar líneas de flujo en varios sectores y de estos ser llevados a una línea lateral izquierda y derecha en la parte superior para la entrada del aire a ser

acondicionado y distribución de este aire refrigerado como muestra la Figura 14. Distribución de aire.

Se decide hacer una cámara de pre-mezcla en la parte delantera del LM como muestra la Ver. Figura 15. Flujo de aire cámara de mezcla. para garantizar una estabilidad térmica de las tuberías de entrada de aire a la succión del aire acondicionado.

Figura 15. Flujo de aire cámara de mezcla.



Fuente: Autor del proyecto.

En donde se ha llegado a una distribución de tuberías y cámaras de mezcla, que hace que la distribución de planta de estas sea muy uniforme y conserve unas líneas de flujo de bajas caídas de presión y alta eficiencia en la parte de distribución ,para así satisfacer los requerimientos de estabilidad térmica anteriormente enunciados.

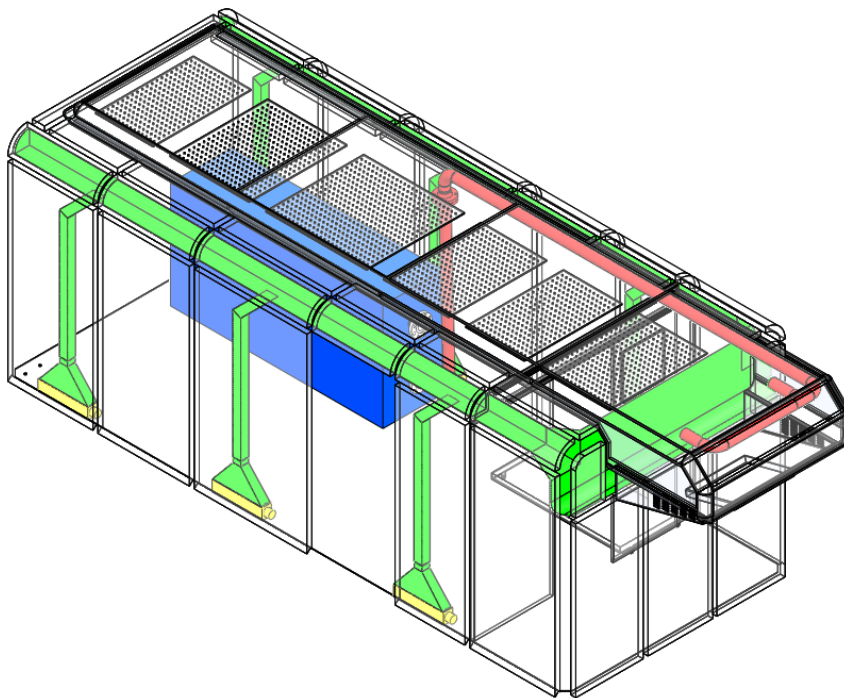
En la Figura 16. Aire Acondicionado y distribución de flujo de aire.se aprecia la distribución de los ductos de recepción de aire desde los ventiladores tangenciales

(Color amarillo) y las tuberías (Color verde), hasta llegar a la cámara de pre-mezcla en la parte frontal del LM.

3.2.2.1.3 Cálculos de caudal volumétrico de aire

El aire del laboratorio móvil tiene circula principalmente dos vías que son: el aire acondicionado y el módulo de calibración de caudal volumétrico, y luego es mezclado en la cámara de pre-mezcla de la Figura 15. Flujo de aire cámara de mezcla., lugar donde ocurre la mezcla y luego se retorna nuevamente al laboratorio móvil de una forma uniforme en la parte superior por medio de paneles con agujeros como se aprecia en la Figura 16. Aire Acondicionado y distribución de flujo de aire.

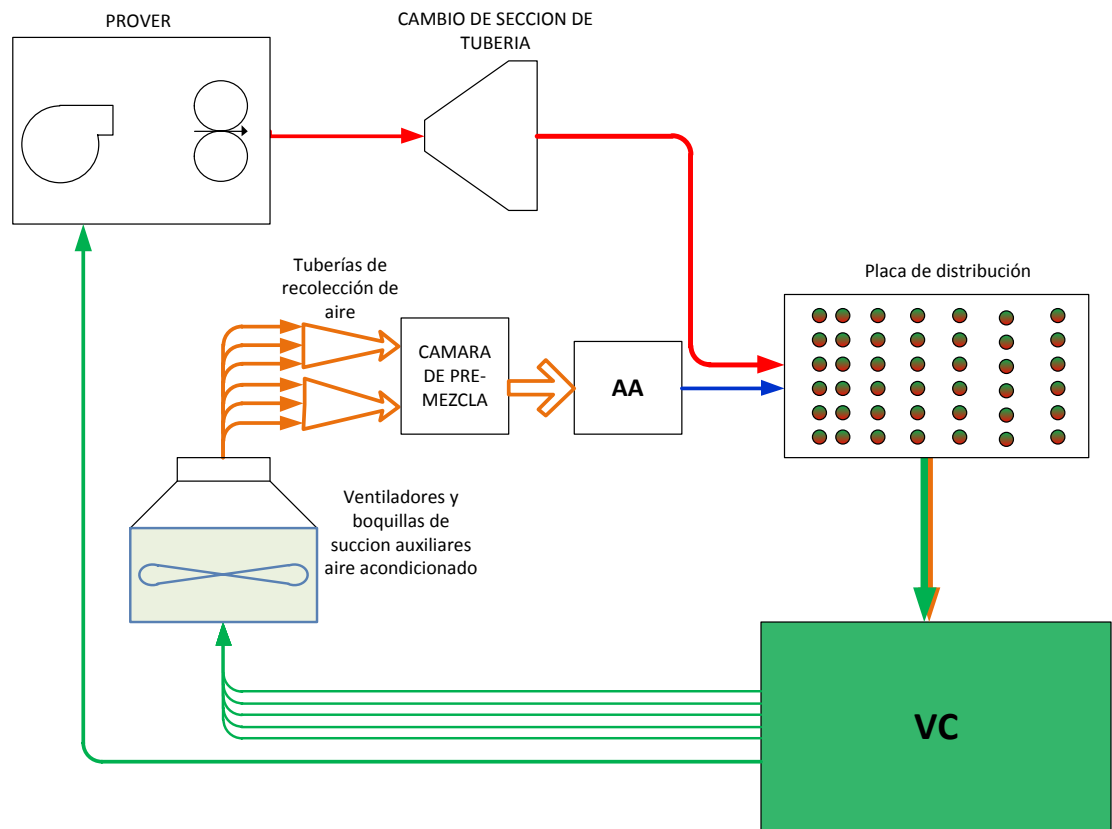
Figura 16. Aire Acondicionado y distribución de flujo de aire.



Fuente: Autor del proyecto.

Además se aprecia una tubería de 3 pulgadas (color rojo) que son las que transportan el aire que sale del prover hasta la cámara de mezcla.

Figura 17. Esquema de fluidez de aire en el LM.



Fuente: Autor del proyecto.

Caudal volumétrico Modulo de calibración de caudal

El caudal volumétrico para este varía entre $3 \text{ m}^3/\text{hr}$ y $650 \text{ m}^3/\text{hr}$, en donde se considerara que lo más crítico es el mayor caudal por inestabilidad del ambiente.

En este se ingresara con una tubería de 4 in de diámetro nominal y clase SCH 40 para luego de su paso por el prover (Banco de calibración de medidores de

caudal volumétrico) será conducido por una tubería de 6 in de PVC y clase SCH 40, en donde se alcanzan los siguientes datos idealizados previos:

Caudal de Prover

$$Q_{Bc} = 650 \left[\frac{m^3}{hr} \right]$$

Con una densidad media del aire a condiciones estándar

$$\rho_{Aire} = 1.2 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

Masa de aire de entrada

$$M_{Bc} = Q_{Bc} * \rho_{Aire} = 650 \left[\frac{m^3}{hr} \right] * 1.209 \left[\frac{kg}{m^3} \right] = 785.85 \left[\frac{kg}{hr} \right]$$

Después de pasar por la tubería de caudal de aire proveniente del prover se hace reducir la velocidad de este aire por medio de difusores y así mejorar la mezcla de este en la cámara de mezcla.

Caudal volumétrico de Aire acondicionado

Este aire es inducido por 6 tuberías cuadradas de lado 100 mm y conectados previamente a ventiladores tangenciales o de flujo cruzado de 1/8 de hp, lo que sumaría una carga total de 3/4 de hp, un caudal de 81.25 m³/hr y una presión manométrica de 42 Pa de graficas de ventilador tangencial (Ver. Anexo C. Data sheet ventiladores tangenciales. Pág. 2).

En donde se considera el aire como gas ideal y calcular así el caudal másico:

Ecuación de estado de gases ideales:

$$PV = RT$$

Donde $R = 286 \left[\frac{N.m}{Kg.K} \right]$ para el aire

Entonces

$$v_{AA} = \frac{286 \left[\frac{N \cdot m}{Kg \cdot K} \right] \left[\frac{Pa \cdot m^2}{N} \right] * 293.15 [K]}{42 [Pa] + 101325 [Pa]} = 0.827 \left[\frac{m^3}{Kg} \right]$$

El caudal másico es

$$M_{AA} = \frac{Q_{AA}}{v_{AA}} = \frac{81.25 \left[\frac{m^3}{hr} \right]}{0.827 \left[\frac{m^3}{Kg} \right]} = 98.234 \left[\frac{Kg}{hr} \right]$$

Para un caudal másico total de

$$M_{AA} total = 6 [Ventiladores] \cdot 98.234 \left[\frac{\left[\frac{Kg}{hr} \right]}{Ventilador} \right] = 589.41 \left[\frac{kg}{hr} \right]$$

Análisis matemático de mezcla de aire

La sumatoria de los aires de entrada a la cámara de mezcla, se realiza por medio de paneles con orificios, distribuidos de forma tal, que garanticen una correcta distribución en el entorno.

Aire total de entrada a cámara de mezcla es:

$$M_{cm} = M_{Bc} + M_{AA} total = 785.85 \left[\frac{Kg}{hr} \right] + 589.41 \left[\frac{kg}{hr} \right] = 1375.26 \left[\frac{kg}{hr} \right]$$

Teóricamente hablando es la suma de los dos calores específicos del fluido para establecer la capacidad de energía del aire de enfriamiento para garantizar su estabilidad en el volumen de aire con condiciones especiales, pero por transferencia de calor en paredes y recinto es complicado establecer con certeza esta calidad de mezcla en un entorno real.

Este análisis se hace de forma semi-idealizada por medio de elementos finitos y herramientas de computación como son Ansys CFD y Cosmos flor, con el fin de determinar los puntos más críticos y tomar decisiones de posibles soluciones.

Con los cálculos de caudal másico ya se tiene las variables de entrada para el software CAE de análisis de fluidos. Se suponen unas temperaturas de entrada a la cámara de mezcla así:

Temperatura a la cual se encuentra el aire después de pasar por el banco de caudal y los ductos.

$$T_{BC} = 298.15 \text{ K}$$

Temperatura a la cual sale el aire a baja temperatura supuesto del aire acondicionado.

$$T_{AA} = 288.15 \text{ K}$$

El fluido 1 es el aire proveniente del prover y el fluido 2 es proveniente del aire acondicionado ya enfriado y por balance de energía del aire que pasa por el sistema de aire acondicionado se toma como si fuera un intercambiador de calor de flujo externo así:

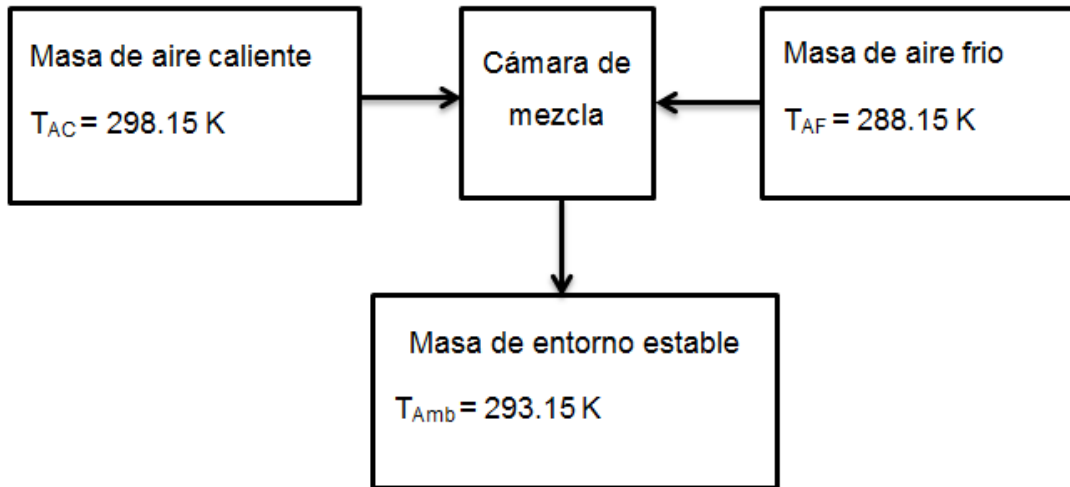
$$Q_L = \dot{m}_{AA} * C_p * (T_{AE} - T_{AS})$$

En donde el calor retirado (Q_L) por el aire acondicionado según Anexo G. Data sheet aire acondicionado. Es 9000 BTU/hr.

En donde T_{AE} es la temperatura del aire antes de enfriarse.

$$T_{AE} = 293.15 \text{ [K]}$$

Figura 18. Esquema mezcla de aire.



Fuente: Autor del proyecto.

Suponiendo que no hay cambio de temperatura en las tuberías y T_{AS} es la temperatura del aire después de enfriarse

$$9000 \left[\frac{BTU}{hr} \right] = 589.41 \left[\frac{kg}{hr} \right] * 1.012 \left[\frac{KJ}{Kg.K} \right] * (293.15[K] - T_{AS})$$

Lo que hace que la temperatura de salida sea:

$$T_{AS} = 277.231[K]$$

Que sería la mínima temperatura de enfriamiento que es capaz de suministrar el aire acondicionado.

El balance de energía en la cámara de mezcla se realiza por medio de intercambio directo de los fluidos (Ver Figura 18. Esquema mezcla de aire.)

$$\dot{m}_{AC} * C_p * (T_{AC} - T_{Amb}) = \dot{m}_{AF} * C_p * (T_{Amb} - T_{AF})$$

Entonces se halla la temperatura a la cual estaría el sistema

$$T_{Amb} = \frac{\dot{m}_{AC} \cdot T_{AC} + \dot{m}_{AF} \cdot T_{AF}}{\dot{m}_{AC} + \dot{m}_{AF}}$$

Donde \dot{m}_{AC} es la masa de aire caliente y \dot{m}_{AF} es la masa de aire frío cada uno con sus respectivos calores específicos y deltas de temperatura con respecto al ambiente inmediatamente posterior (Camara de mezcla).

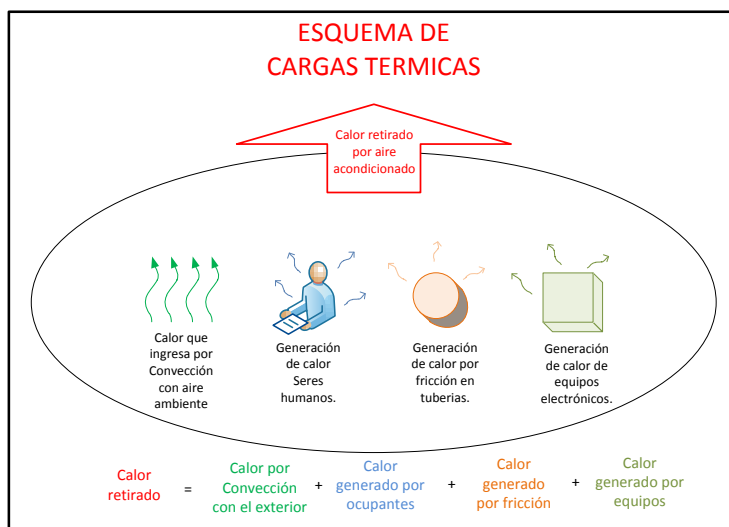
En donde el cálculo teórico es:

$$T_{Amb} = \frac{785.85 \left[\frac{Kg}{hr} \right] \cdot 298.15[K] + 589.41 \left[\frac{kg}{hr} \right] \cdot 288.15[K]}{1375.26 \left[\frac{kg}{hr} \right]} = 293.864 K$$

En este análisis de enfriamiento, se utilizan los valores extremos de funcionamiento para garantizar que este funcione correctamente, a carga total de trabajo.

3.2.2.1.4 Cálculos de flujo de calor

Figura 19. Esquema de cargas térmicas.

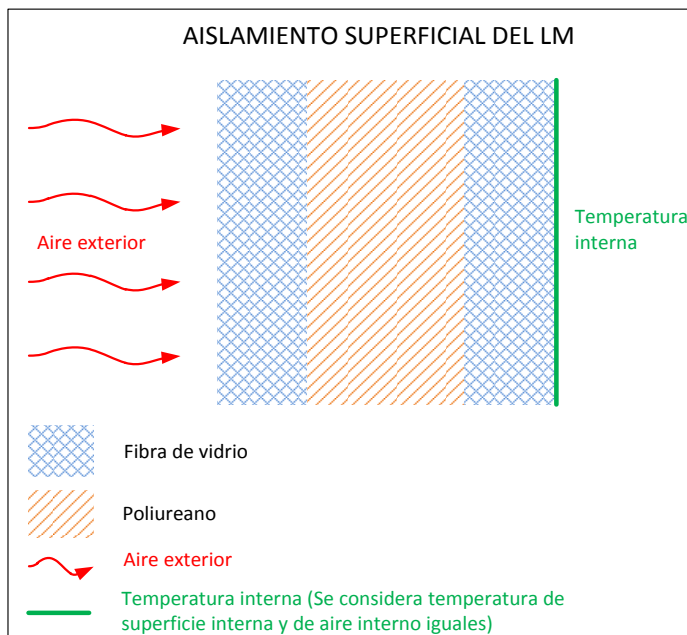


Fuente: Autor del proyecto.

Principalmente se tienen en cuenta varios parámetros fundamentales, como son generación de calor proveniente de equipos, transferencia de calor por convección en el exterior del LM, aumento de calor por estrangulamiento en tuberías, calor generado por seres humanos, representados en la Figura 19. Esquema de cargas térmicas.

Balance de energía

Figura 20. Aislamiento de paredes.



Fuente: Autor del proyecto.

$$Q_{Salida} = Q_{Ambiente} + Q_{Equipos} + Q_{Ocupantes} + Q_{Friccion}$$

Dónde:

Q_{Salida} : calor retirado por el aire acondicionado.

Q_{Ambiente} : calor por convección con el ambiente exterior al LM.

Q_{Equipos} : calor generado por equipos electrónicos y mecánicos.

$Q_{\text{Ocupantes}}$: calor que generan las personas que ocupan el LM.

$Q_{\text{Fricción}}$: calor generado por fricción en tuberías

Calor trasferido del ambiente por convección

Después de realizar una investigación de tipos de aislamientos utilizados en la industria del transporte refrigerado y de container movibles, para oficinas se toma la decisión de realizar las paredes de tres capas de aislamiento como se muestra en la Figura 20. Aislamiento de paredes.

De esta forma se garantiza un buen aislamiento térmico y sonoro del entorno de calibraciones y así garantizar una buena repetibilidad de las diferentes calibraciones y un ambiente cómodo para los operarios, por medio de análisis de transferencia de calor y varias iteraciones y configuraciones de espesores analíticamente se tiene:

$$Q_{\text{Ambiente}} = \frac{T_{\text{Ambiente}} - T_{\text{LM}}}{\frac{E_{fv}}{K_{fv}} + \frac{E_{pur}}{K_{pur}} + \frac{h_a}{A_{sf}}}$$

Dónde:

T_{Ambiente} : Temperatura externa del aire ambiente.

$$T_{\text{Ambiente}} = 303.15[K]$$

T_{LM} : Temperatura interna del laboratorio móvil.

$$T_{\text{LM}} = 293.15[K]$$

Esta se supone constante en toda la superficie interna del laboratorio móvil.

A_{sf} : El área superficial del laboratorio móvil (Área preliminar aproximada).

$$A_{sf} = 2 * Alto * (Largo + Ancho) + Ancho * Largo$$

$$= 2 * 2.5 [m] * (5 [m] + 2.2 [m]) + 2 [m] * 5 [m] = 47 [m^2]$$

E_{fv} : espesor de paneles de fibra de vidrio.

$$E_{fv} = 10 [mm]$$

K_{fv} : coeficiente de conductividad térmica de fibra de vidrio.

$$K_{fv} = 0.05 \left[\frac{W}{m K} \right]$$

E_{pur} : Espesor de poliuretano.

$$E_{pur} = 0.05 [m]$$

K_{pur} : Coeficiente de conducción térmica del poliuretano.

$$K_{pur} = 0.022 \left[\frac{W}{m K} \right]$$

h_a : Coeficiente de convección de aire ambiental a 3.35 m/s de velocidad.

$$h_a = 22.7 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

En donde se obtiene un calor de ambiente de:

$$Q_{Ambiente} = \frac{38.8 [m^2] * (303.15 [K] - 293.15 [K])}{\frac{5 * 10^{-3} [m]}{0.05 \left[\frac{W}{m K} \right]} + \frac{0.05 [m]}{1 * 10^{-3} \left[\frac{W}{m K} \right]} + \frac{1}{22.7 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]}} = 224.1 [W]$$

Calor generado por equipos electrónicos

Se hace un estudio de cada equipo que se preselecciono en donde se encuentra la potencia que consume este, que para nuestros cálculos vamos a considerar que

esta energía eléctrica se convierte en calor en su totalidad. (Ver. Tabla 4. Calor generado por equipos eléctricos y electrónicos.

Tabla 4. Calor generado por equipos eléctricos y electrónicos.

EQUIPOS	POTENCIA
Bloque seco	800 W
Computadores	1000 W
Motor blower	373 W
Sistema de adquisición de datos módulo de caudal	1000 W
Bombillos	200 W
UPS	200 W
Otros	500 W
<hr/>	
Total	4073 W

Fuente: Autor del proyecto.

Este calor es generado por los equipos electrónicos que al estar dotados de procesadores y motores producen calor haciendo que la temperatura en el ambiente varíe substancialmente.

Calor generado por los ocupantes

Por lo general se utiliza una generación estándar dependiendo del trabajo que esté realizando, en nuestro caso las personas están simplemente trabajando en oficina y generan un calor promedio de 235 W, y en donde se encuentran 2 personas trabajando, esto hace que sea un total de 470 W.

Calor generado por fricción en tuberías

Este calor es apreciable en el paso del aire por el módulo de calibración de caudal volumétrico, por su cantidad de pérdidas presentes en: MUT, MM, filtros, etc. Donde se encuentra un valor promedio de 5 °C de aumento de temperatura desde la entrada hasta la salida de toda la sección como se había especificado en el cálculo de intercambio de energía en la cámara de mezcla anteriormente.

Entonces este calor generado por fricción será:

$$Q_{fr} = Q * \rho * C_p * \Delta T = \dot{m} * C_p * (T_s - T_e)$$

Donde el caudal, densidad y calor específico a condiciones estándar es respectivamente:

$$\dot{Q} = 650 [m^3/hr] , \rho = 1.17[kg/m^3] , C_p = 1.012 [KJ/Kg * K]$$

Entonces

$$\begin{aligned} Q_{fr} &= \left(650 \left[\frac{m^3}{hr} \right] \right) * \left(1.17 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \right) * \left(1.012 \left[\frac{KJ}{Kg * K} \right] \right) * (5[^\circ K]) = 3848.13 \left[\frac{KJ}{hr} \right] \\ &= 1069 [W] \end{aligned}$$

De donde al remplazar en la ecuación general de calor generado

$$Q_{Salida} = Q_{Ambiente} + Q_{Equipos} + Q_{Ocupantes} + Q_{Friccion}$$

Queda de la siguiente forma

$$Q_{Salida} = 298[W] + 4073[W] + 470[W] + 1069[W] = 5910[W]$$

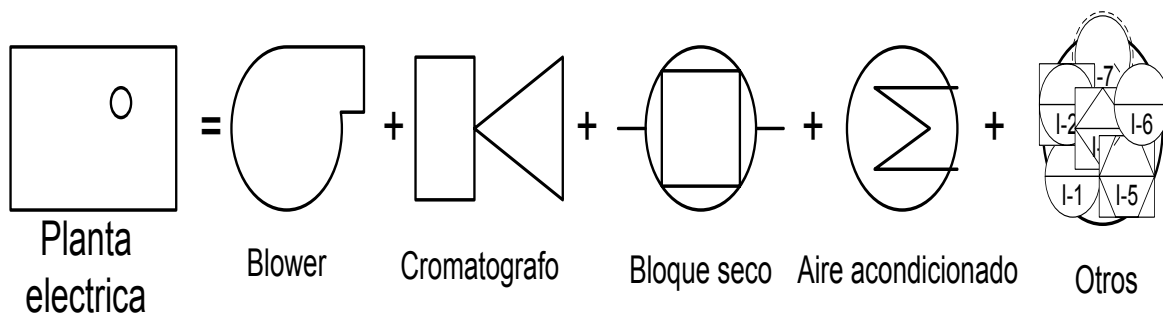
Que es el calor total generado en el interior del laboratorio móvil, de esta forma se ratifica que el calor generado es inferior al del equipo de aire acondicionado

seleccionado anteriormente es suficiente para estas condiciones, y además del control de un caudal superior de aire.

3.2.2.2 Alimentación de energía eléctrica

Uno de los requerimientos importantes, es que el laboratorio móvil este equipado de una fuente de alimentación de energía eléctrica (Equipo autógeno). De donde se realizó el estudio de la potencia requerida por cada equipo y luego hecha la suma de estos, como se muestra en la Figura 21. Alimentación eléctrica. Y Tabla 5. Consumo eléctrico de equipos.

Figura 21. Alimentación eléctrica.



Fuente: Autor del proyecto.

Después de un análisis de consumo energético de electricidad se toma la decisión de suministrar una potencia de 7.5 KW para cubrir la carga total del sistema con un equipo de referencia DJ8000CLE. (Ver Anexo D. Data sheet planta eléctrica DJ8000CLE.)

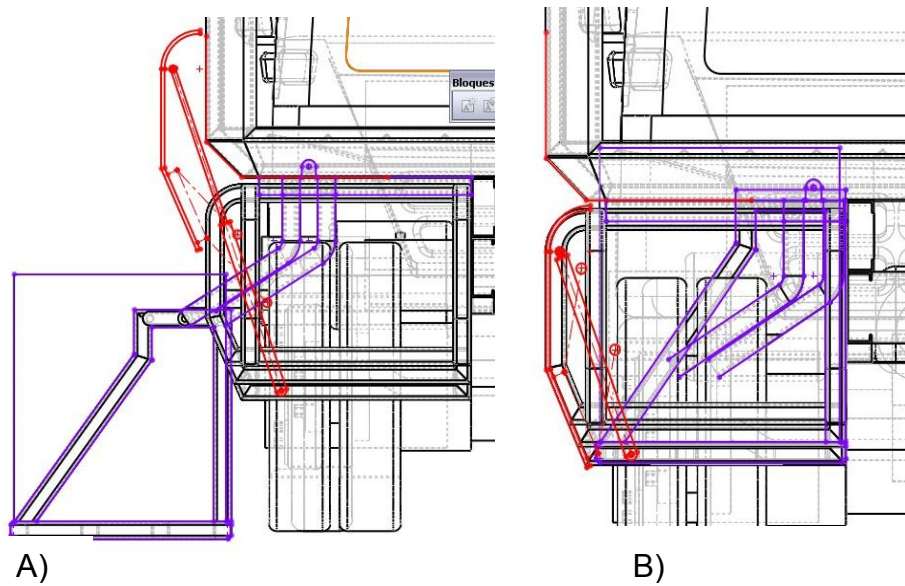
Tabla 5. Consumo eléctrico de equipos.

BLOWER	0,45 KW
CROMATOGRAFO	3,00 KW
AIRE ACONDICIONADO	0,47 KW
BLOQUE SECO	0,80 KW
COMPUTADORES	0,12 KW
OTROS	1,00 KW
COMPRESOR	0,82 KW
POTENCIA REQUERIDA	6,66 KW

Fuente: Autor del proyecto.

3.2.2.2.1 Mecanismo de elevación

Figura 22. Mecanismo de elevación de puerta de planta eléctrica. A) Abierta, B) Cerrada.

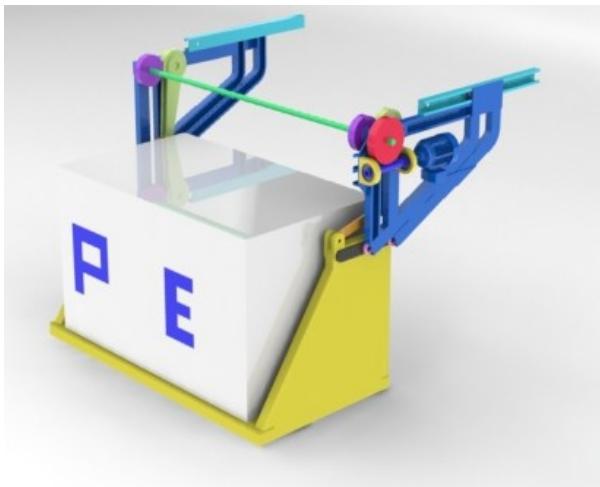


Fuente: Autor del proyecto.

Se requiere que la planta eléctrica sea aislada mecánicamente por las vibraciones producidas por el motor de combustión interna a gasolina, por esta razón es necesario que sea de fácil desmontaje y montaje para evitar su contacto mecánico con el laboratorio móvil cuando esté en funcionamiento, y además un fácil traslado desde y hacia el LM. Y se conectaría a la red eléctrica del LM por medio de un cable de alta capacidad. Como parámetro principal se toma la altura mínima desde el suelo hacia el soporte que tiene el automotor llegando así a ciertas posibles soluciones:

Se selecciona una plataforma de plegable pero de forma inclinada lo que hace que el equipo va a quedar con mejor acceso.

Figura 23. Plataforma de elevación de planta eléctrica 1.



Fuente: Autor del proyecto.

Después de un análisis de costo y facilidad de construcción se hace un diseño basado en el movimiento por medio de guías (rieles), y se extrae este un modelo que hace un diseño simple y bastante funcional de montaje y mantenimiento.

El diseño final se alcanza después de varios pre-diseños y se opta por un sistema mecánico eléctrico/manual el cual está especificado de la Figura 23. Plataforma de elevación de planta eléctrica 1.

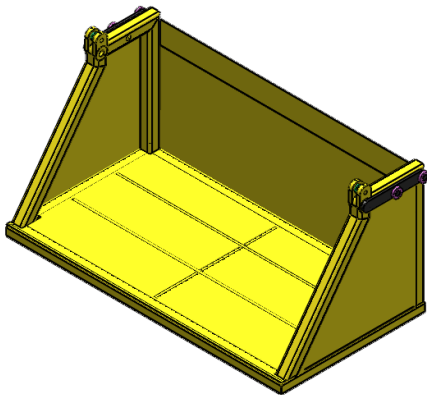
Cálculos de sistema de elevación planta eléctrica

Como primer paso se definen las cargas a elevar respectivas del pre diseño, como son así:

Peso Planta eléctrica (VER. Anexo D. Data sheet planta eléctrica DJ8000CLE.)

$$W_{PE} = 108.25 [Kgf]$$

Figura 24. Plataforma de elevación planta eléctrica.



Fuente: Autor del proyecto.

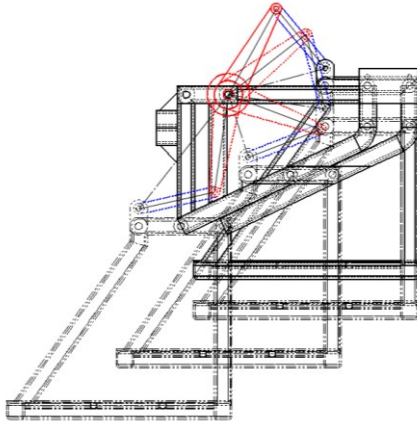
$$W_{Est} = 50 [Kgf]$$

Peso soportado:

$$W_T = W_{PE} + W_{Est} = 100 [Kgf] + 50 [Kgf] = 150 [Kgf]$$

Triángulo de análisis de esfuerzos y cargas dinámicas elevadas

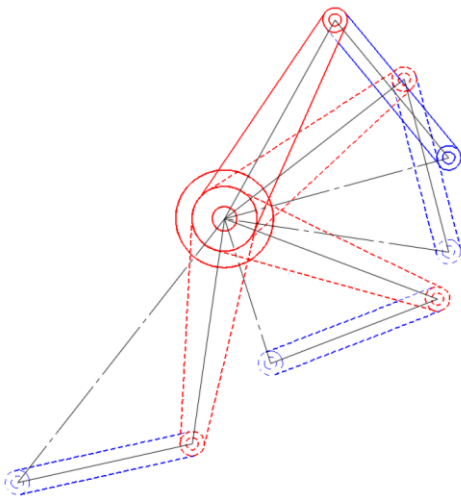
Figura 25. Seguimiento de plataforma de elevación.



Fuente: Autor del proyecto.

Se toma como referencia un pre-diseño en solidworks además de sus medidas e inclinaciones etc.

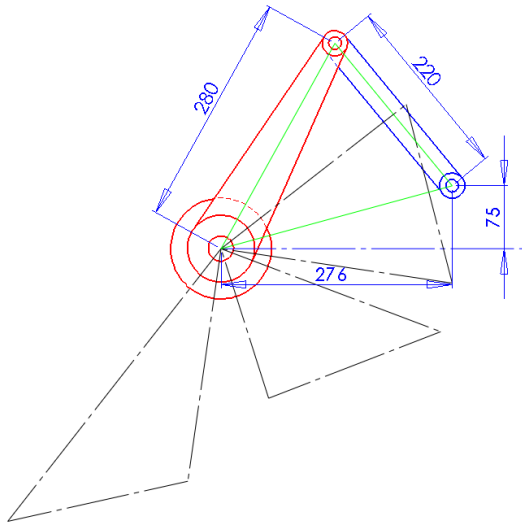
Figura 26. Triángulos de puntos críticos.



Fuente: Autor del proyecto.

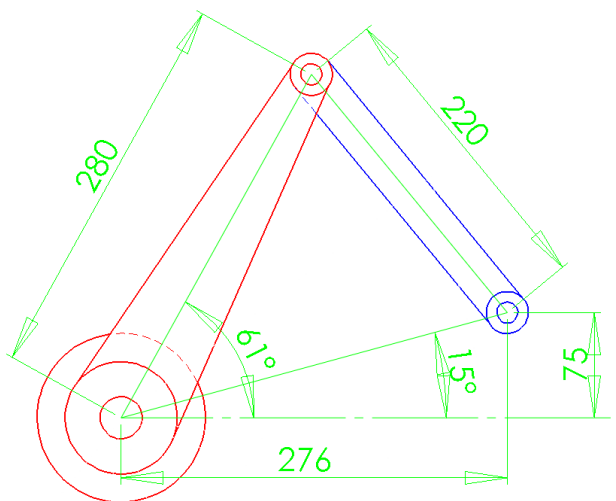
En el análisis de puntos críticos se tienen los puntos en donde más podría requerir torque el motor y este después de un análisis se observa en el punto donde la barra manivela está horizontal

Figura 27. Triángulos de puntos críticos.



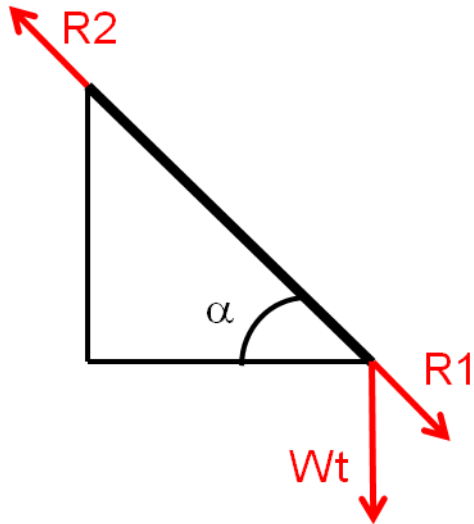
Fuente: Autor del proyecto.

Figura 28. Punto crítico.



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 29. Diagrama de fuerzas biela.



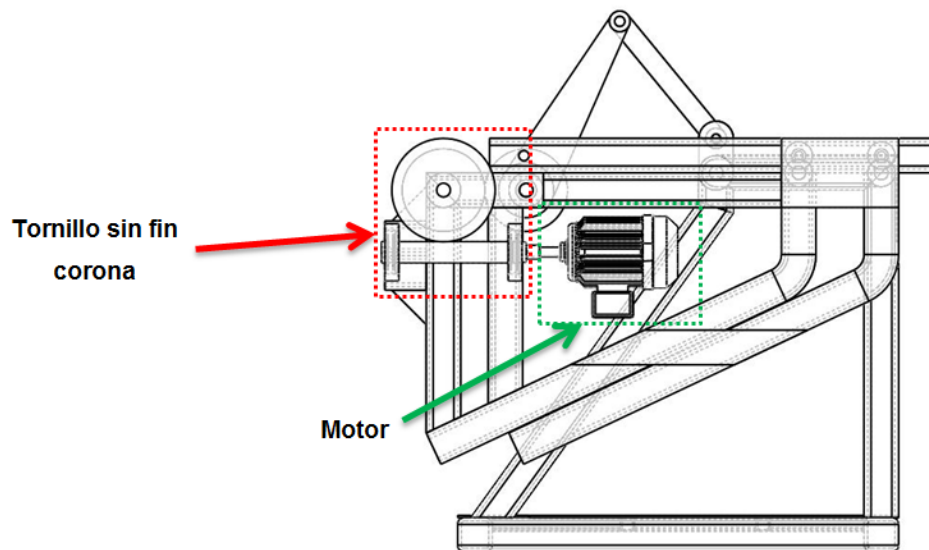
Fuente: Autor del proyecto.

$$R1 = \frac{Wt}{\sin(\alpha)}$$

Las fuerzas son a tracción por lo tanto se consideran similares

$$R2 = R1$$

Figura 30. Descripción plataforma de elevación.



Fuente: Autor del proyecto.

Torque requerido en el brazo manivela

$$TReq = \frac{Wt}{\sin(\alpha)} * \cos(\alpha + \beta) * Db$$

$$Db = 250 [mm]$$

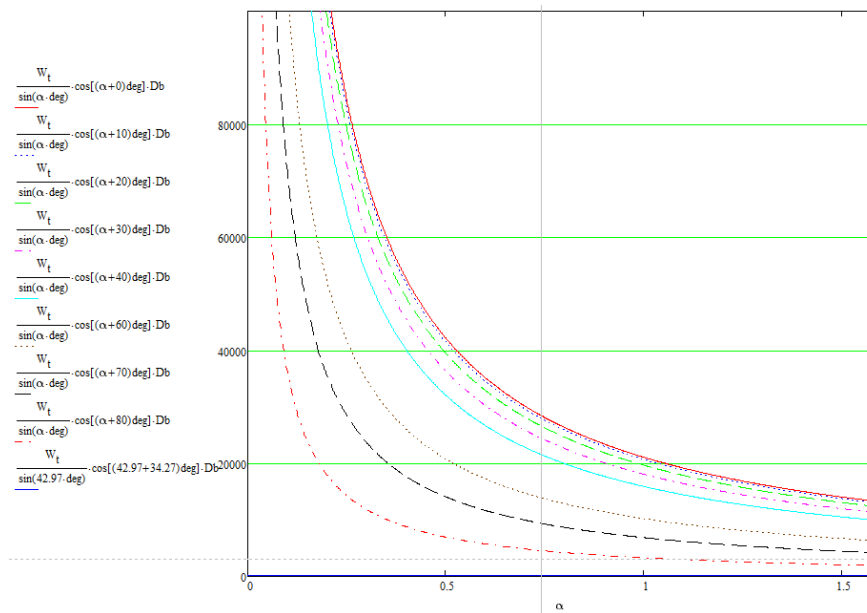
Ángulos obtenidos de grafico (Figura 28. Punto crítico.)

$$\alpha = 57.31[^\circ]$$

$$\beta = 8^\circ$$

$$\alpha + \beta = 57.31^\circ + 8^\circ = 65.31^\circ$$

Figura 31. Ángulos máximos de biela.

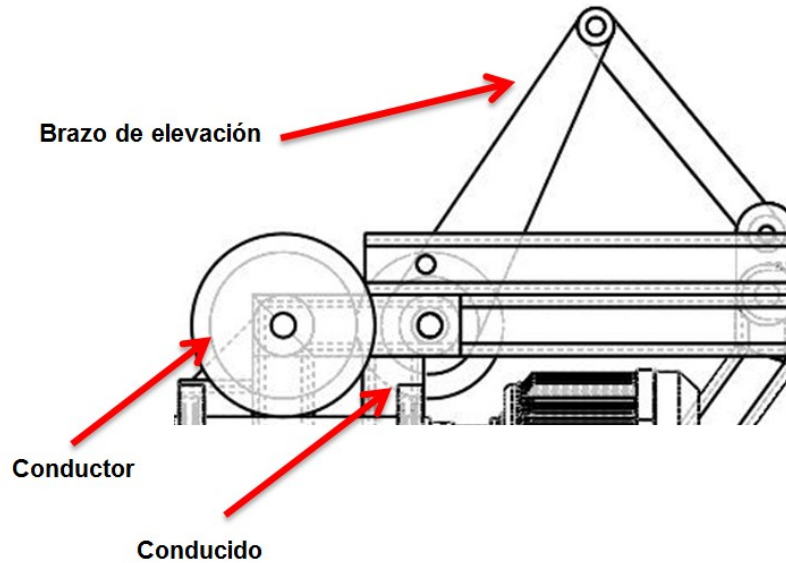


Fuente: Autor del proyecto.

Torque requerido

$$T_{Req} = \frac{Wt}{\sin(\alpha)} * \cos(\alpha + \beta) * Db = 18.612[\text{Kgf} * \text{m}] = 182.523[\text{N} * \text{m}]$$

Figura 32. Descripción elementos de plataforma de elevación PE.



Fuente: Autor del proyecto.

Reacciones en barra

$$R1 = \frac{Wt}{\sin(\alpha)} = 1747.848 [\text{N}]$$

$$R1x = R1. \cos(\alpha + \beta) = 730.091 [\text{N}]$$

$$R1y = R1. \sin(\alpha + \beta) = 1588.061 [\text{N}]$$

CÁLCULOS DE TORNILLO SINFIN-CORONA

Angulo de barrido de brazo de elevación

$$\Delta\varphi = 80 [^\circ]$$

Tiempo de descenso y ascenso planta eléctrica

$$T_{PE} = 1 \text{ [min]}$$

Velocidad angular de la barra

$$\omega_{Barra} = \frac{\Delta\phi}{T_{PE}} = 0.074 \text{ [rpm]}$$

Relación de transmisión de barra de elevación engranaje a engranaje

$$R_{tEE} = 1$$

Relación de transmisión de tornillo sinfín y corona

$$R_{tTC} = 550$$

Potencia requerida

Potencia requerida por un brazo

$$P_{Req} = T_{Req} \cdot \omega_{Barra} = 5.097 \text{ [W]}$$

Potencia requerida por sistema

$$P_{TR} = 2 \cdot P_{Req} = 10.194 \text{ [W]}$$

Velocidad angular de corona

$$N_{Cor} = \omega_{Barra} = 0.222 \text{ [rpm]}$$

Torque de corona

$$T_{Cor} = \frac{P_{TR}}{N_{Cor}} = 438.05 \text{ [N. m]}$$

Velocidad del tornillo sinfín

$$\omega_{Tornillo} = \omega_{Barra} \cdot R_{tTC} \cdot R_{tEE} = 122.222 \text{ [rpm]}$$

Torque aplicado

$$T_{Apl} = \frac{P_{TR}}{\omega_{Tornillo}} = 0.796 \text{ [N. m]}$$

Factor de seguridad

$$F_s = 2$$

Potencia requerida del motor

$$P_{RM} = P_{TR} \cdot F_s = 20.388 \text{ [W]}$$

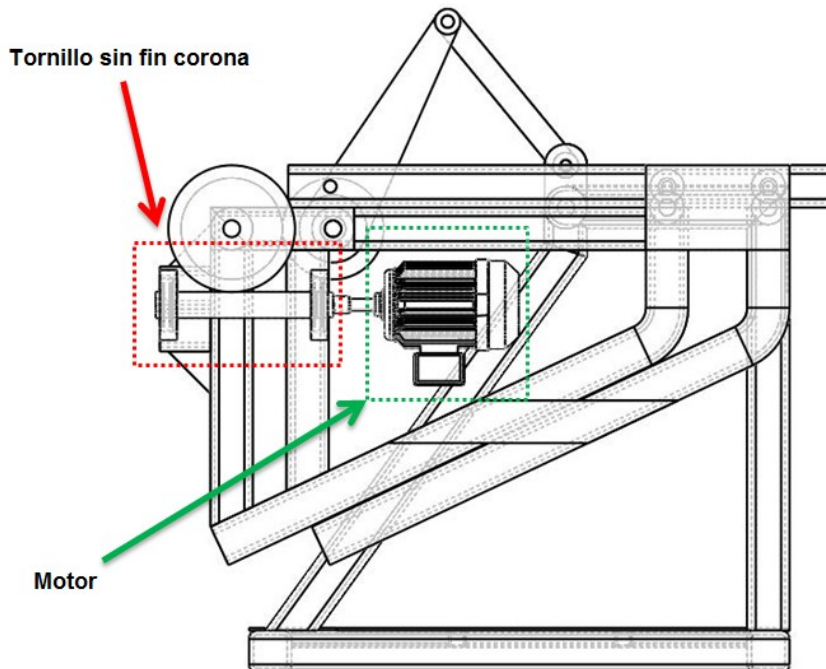
Torque real aplicado

$$T_{RA} = \frac{P_{RM}}{\omega_{\text{Tornillo}}} = 1.593 \text{ [N.m]}$$

Se selecciona un motor dc reductor 24v 122 rpm emg49 s330105 que cumple con los requerimientos de potencia y velocidad anteriormente calculados

Accionamiento eléctrico:

Figura 33. Descripción plataforma de elevación.



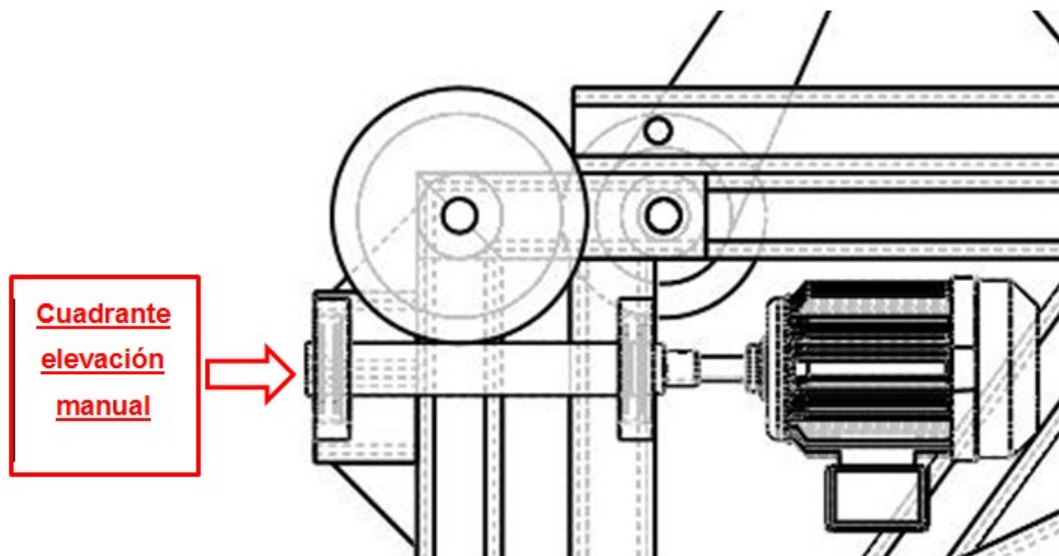
Fuente: Autor del proyecto.

La ubicación del motor de la plataforma de elevación de la planta eléctrica se especifica en Figura 33. Descripción plataforma de elevación. y las modificaciones respectivas para su montaje se realizaran en el momento de la construcción, puesto que el fabricante no hace referencia a forma de montaje, solo las especificaciones de operación.

Accionamiento manual

Este realiza por medio de una manivela en caso del no funcionamiento del motor eléctrico y se realiza por medio de una conexión simple de tuerca cuadrada como se muestra en Figura 33. Descripción plataforma de elevación., y por medio de una herramienta acoplada a esta que se especifica como una manivela y con el torque anteriormente calculado.

Figura 34. Descripción plataforma de elevación (manual).



Fuente: Autor del proyecto.

3.2.2.3 Alimentación de aire comprimido (Compresor)

Por requerimientos de CDT es necesario un equipo de aire comprimido a 90 psi, para diferentes utilidades en las que se encuentran pistola de impacto para soltar y apretar tornillos, sistema de limpieza de equipos, etc.

Figura 35. Compresor DeWALT D55153.



Fuente: Pagina DeWALT.

Se toma la decisión de un compresor marca DeWALT de referencia D55153 de 1.1HP y 3.8 CFM @ 90 PSI. (Ver. Anexo I. Data sheet compresor DeWALT D55153.)

3.2.2.4 Sistema de elevación y transporte (grúa).

Por tamaño y facilidad se hace indispensable una grúa tipo pescante, con una columna para soportar esta.

Selección de sistema de elevación:

Después de hacer un análisis de espacio y capacidades máximas se toma la decisión de un pescante Spanco lifting solutions ref.401L-8-250. Por ser un montaje de pared se requiere un soporte para montaje.

Figura 36. Grúa pescante fabricado.



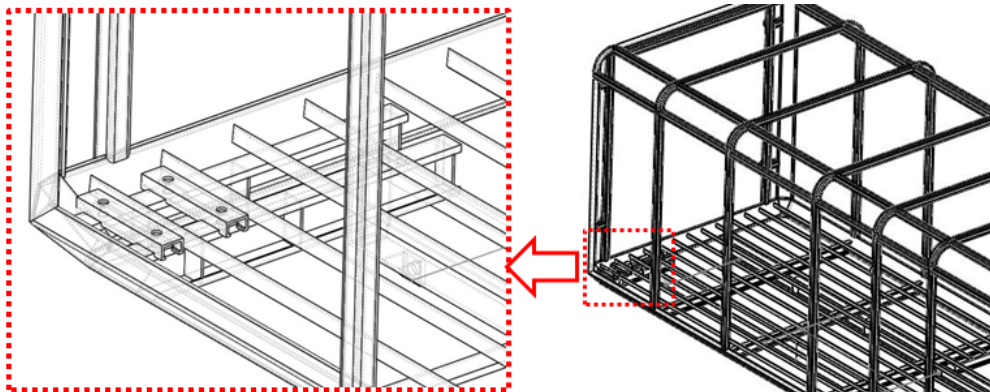
Fuente: Pagina Spanco lifting solutions.

3.2.2.4.1 Adecuaciones para montaje de pescante

Como se estableció anteriormente se ha seleccionado como posible sistema de montaje de equipos un pescante con marca Spanco lifting solutions ref.401L-8-250 el cual es montado en pared, lo que hace necesario un sistema de montaje

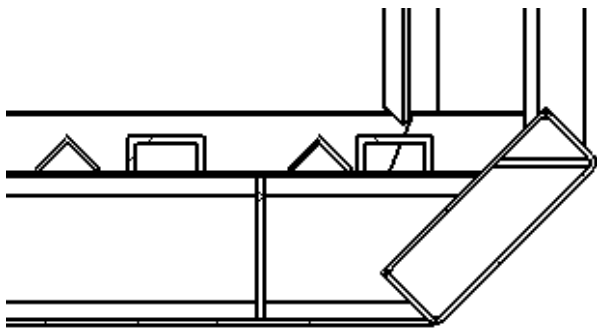
tipo tubular similar al original de la Figura 36. Grúa pescante fabricado. Lo suficientemente resistente a ciertas condiciones de trabajo.

Figura 37. Montaje Grúa Pescante.



Fuente: Autor del proyecto.

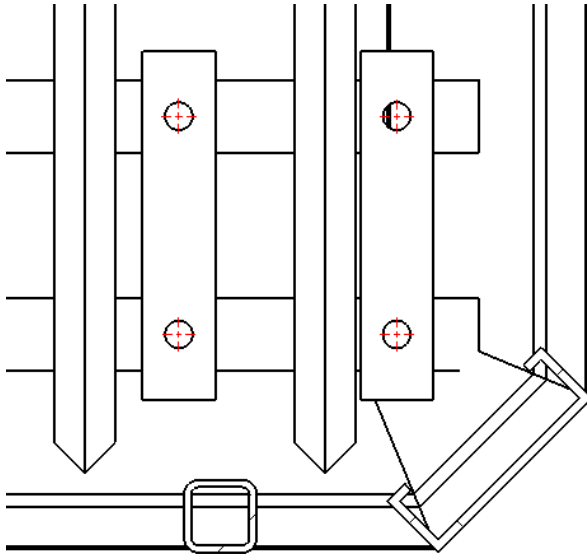
Figura 38. Vistas frontal de montaje de grúa pescante.



Fuente: Autor del proyecto.

Además del montaje al tubo es necesario una estructura rígida con la estructura general en donde soportar el tubo soporte con perfilaría acorde a las estructura del LM y su piso, en donde se pueda soportar este de una forma rígida, como se representa en la Figura 37. Montaje Grúa Pescante.

Figura 39. Vista superior de montaje grúa pescante.



Fuente: Autor del proyecto.

En las figuras: Figura 38. Vistas frontal de montaje de grúa pescante. y Figura 39. Vista superior de montaje grúa pescante. Se observa la forma de montaje a la estructura principal del soporte de la grúa pescante seleccionado.

3.2.3 Equipos secundarios de movilidad

3.2.3.1 *Instalaciones de equipos seleccionados*

Se desarrolla esta selección de equipo como secundaria de movilidad por ser dependiente de todos los equipos anteriormente seleccionados y se toma la clase de recinto o carrocería dependiendo de variables analizadas en la Tabla 6. Criticidad de equipos.

Tabla 6. Criticidad de equipos.

Elemento	Característica	Descripción
MM y MUT	Vibraciones	Las vibraciones dificultan el aseguramiento metrológico
Blower	Produce vibraciones	Interfiere con el buen funcionamiento de MM y MUT
Planta eléctrica	Produce vibraciones	Afectan calibraciones caudal
	Produce ruido	Afecta confort de operadores
Cromatógrafo	Vibraciones	Afecta ensayos
	Sujeciones	En el movimiento del vehículo es necesario asegurar la integridad del equipo
Cilindros de gases de referencia	Ubicación	Por designación de los entes que regulan este tipo de elementos en un entorno con personas
Equipos pequeños	Movimiento	En el movimiento del vehículo es necesario asegurar la integridad de los equipos
Herramienta	Movimiento	En el movimiento del vehículo es necesario asegurar la integridad de la herramienta y de los equipos.
Carrocería tipo furgón	Todas las anteriores	Requiere modificaciones de entorno para un buen funcionamiento

Fuente: Autor del proyecto.

Se toma la decisión de que sea una carrocería aislada térmicamente con una estructura robusta para soporte de equipos, herramientas y mobiliarios, además de infraestructura contra vibraciones.

3.2.3.2 Dimensionamiento de entorno (furgón)

En la selección del tipo de furgón se toman varios aspectos principalmente, tamaño de banco de caudal, cromatografía, y posibles áreas de trabajo para calibraciones tales como son presión, temperatura, magnitudes eléctricas.

Después de un estudio de los procesos de calibración:

Para el volumen bruto requerido por parte del módulo de cromatografía se toman varios aspectos importantes, el principal como se había mencionado anteriormente es su independencia del resto de módulos de calibración para mantener una estabilidad aceptable, el segundo es el volumen que se requiere por parte de los gases requeridos en los ensayos cromatograficos, y por último el cromatografía mismo. Se toma la decisión por conveniencia en el momento de montaje de tubería desde gases al cromatografo de mantener la mínima distancia de estos, es decir los gases patrón también se dejaran aislados del resto de módulos de calibración. En donde se tienen los siguientes volúmenes brutos requeridos, volumen de cilindros aproximado 0.1 m^3 y una cantidad de 6 cilindros para un volumen bruto total de cilindros de 0.6 m^3 y el cromatografo preseleccionado de dimensiones: largo de 680 mm, alto de 580 mm y profundidad de 540 mm, para un volumen bruto de 0.213 m^3 , para un volumen indispensable para equipo de cromatografía y cilindro de gases de 0.813 m^3 , por comodidad se prefiere que los cilindros sean ubicados en forma de L de 3 cilindros por cada lado haciendo que el mínimo requerido por el entorno aislado es de 0.3 m y una distancia mínima de separación entre cilindros de 0.3 m para un total de 0.6 m.

Se hace un análisis dimensional de espacio requerido para el módulo de caudal, por medio de experiencia adquirida en el proceso de calibración con el banco de caudal del laboratorio del CDT de GAS. En donde se requiere un volumen bruto promedio de 2000mm de largo, 1500 mm de alto y 700 mm de profundidad, lo que hace un volumen bruto de 2.1 m^3 .

Los módulos de presión temperatura y magnitudes eléctricas pueden funcionar en un área muy pequeña de calibración, pero los elementos necesarios para estas estarán bodegados y correctamente ubicados en gabinetes que solo se utilizaran en calibraciones de ciertos tipos. En donde se requiere un escritorio de trabajo y un mobiliario para bodegaje de equipos. Haciendo un conteo y dimensionamiento de equipos se requiere un mobiliario con disponibilidad de un volumen bruto de mobiliario de 1.62 m^3 y un volumen bruto para espacio de trabajo de 0.72 m^3 para un total de 2.34 de volumen bruto requerido por el módulo de calibración de presión, temperatura y magnitudes eléctricas.

Además de esto se requiere un sitio de ubicación de un sistema de elevación de 2000mm de alto, 500 mm de largo y 500 mm de profundidad, para un volumen bruto para sistema de elevación de 0.5 m^3 .

Haciendo un cálculo de área de trabajo y volúmenes empleada por módulos se llega a un tamaño promedio aceptable de 5200 mm de largo y 200 mm de ancho.

Los equipos del laboratorio móvil son de pesos relativamente bajos, por consiguiente no se tienen en cuenta para nuestro caso, simplemente se distribuirán los equipos de forma uniforme y así mantener uniformidad de pesos, por consiguiente el centro de inercia del laboratorio móvil bien ubicado.

Dimensionamientos de requerimientos y entornos de acuerdo a normas y reglamentaciones que se exigen en el código nacional de tránsito terrestre

De acuerdo a la normativa colombiana el **CÓDIGO NACIONAL DE TRÁNSITO TERRESTRE** en el *Artículo 29*. Dimensiones y pesos. “Los vehículos deberán someterse a las dimensiones y pesos, incluida carrocería y accesorios, que para

tal efecto determine el Ministerio de Transporte, para lo cual debe tener en cuenta la normatividad técnica nacional e internacional”.

En el cual encontramos que según la norma técnica colombiana **NTC 4788** “Tipología para vehículos de transporte de carga terrestre”.

Artículo 7. “Dimensiones”. Los vehículos de transporte de carga tipo C2 que circulen por el territorio nacional, deben cumplir con las siguientes dimensiones:

Largo máxima = 10.8 m

Altura Máxima = 4.4 m

Ancho máximo = 2.6 m

Parágrafo 1º. La dimensión de la altura máxima se verifica con el vehículo descargado.

Parágrafo 2º. En la longitud máxima del remolque no se incluye la barra de tiro.

Artículo 8º. Peso bruto vehicular. El peso bruto vehicular para los vehículos de transporte de carga de tipo C2 a nivel nacional debe ser:

Peso máximo = 17000 Kg con una tolerancia positiva de medición de 425 kg.

Para nuestro diseño se adopta el que nos indica el fabricante por ser mucho menor (7500 kg)

Artículo 9º. Peso por eje. El máximo peso por eje para los vehículos de transporte de carga de 4 llantas a nivel nacional debe ser de:

Peso máximo por eje = 11000 kg.

Para nuestro diseño se adopta el que nos indica el fabricante (6600 kg) que es limitado por el tipo de llantas.

Diseño preliminar de dimensiones de LM.

Por recomendaciones de fabricantes se toma la decisión de utilizar un furgón con las siguientes medidas:

Largo = 6000 mm.

Ancho = 2300 mm.

Alto = 2350 mm.

Lo que hace que las medidas generales de nuestro camión sean:

Largo = 7565 mm.

Alto = 3180 mm.

Ancho = 2300 mm.

Las cuales cumplen con lo que nos exige el código nacional del tránsito terrestre y la norma NTC4788.

Por la operación de nuestro laboratorio móvil en regiones aisladas, retiradas y no con muy buenas vías se opta por dejar una altura desde el piso a la parte más baja del LM de 400 mm y haciendo un estudio de posibles declives a sortear por el LM y un ángulo de inclinación en la parte trasera de 30 grados, para evitar su daño en su paso por estos por su poca elevación.

3.2.3.3 Selección de vehículo

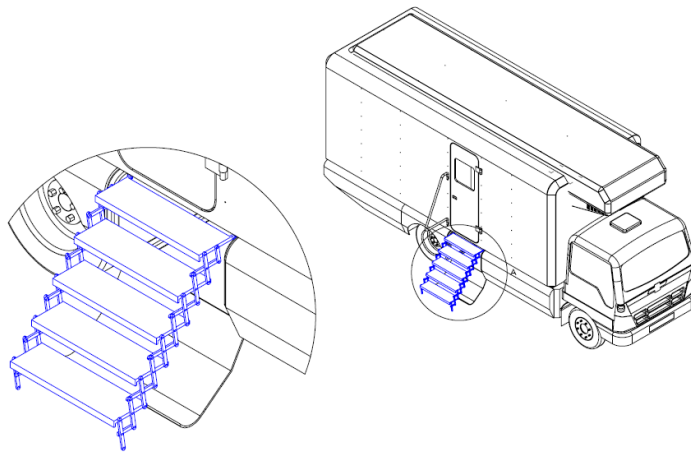
Se hace la selección por aproximación de volumen necesario para alojar los equipos (Experiencias anteriores y conocimiento de equipos a utilizar), otro parámetro para la selección es el servicio post venta del automotor, además de cumplir requerimientos de estabilidad ambiental. Lo que hace que se seleccione un automotor de un tamaño mediano **CHEVROLET NQR** en chasis. (Ver Anexo A. Data sheet Chevrolet NPR camión plus.).

3.2.3.4 *Diseño de accesorios de acceso (Escalerillas).*

3.2.3.4.1 Acceso lateral

Se hace una selección de unas escalerillas “TRUCK CAMPER FOLDING STEPS - 4 STEP – SCISSOR de 4 pasos”, pero con ciertas modificaciones para el montaje óptimo de estas y así quedar como Figura 40. Montaje escaleras laterales. Además de una puerta plegable que hace armonía con el conjunto, y protección de esta.

Figura 40. Montaje escaleras laterales.



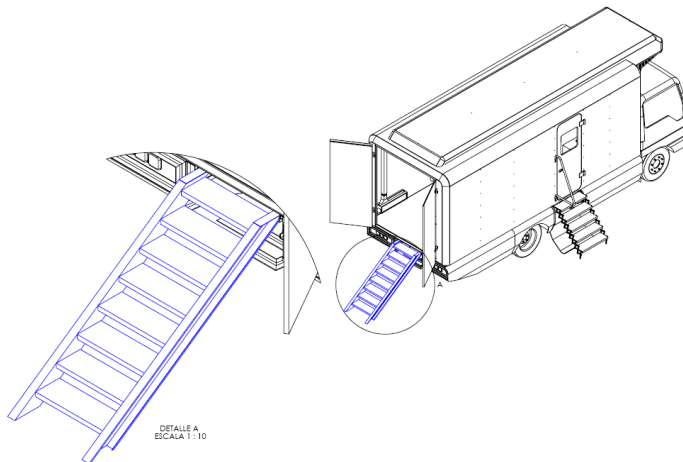
Fuente: Autor del proyecto.

3.2.3.4.2 Acceso trasero

En la parte trasera se opta por una escalerilla fabricada desde cero, puesto que es un poco más rígida para facilitar acceso de equipos manipulados (introducción de

equipos cargados por las personas) de la siguiente forma (Anexos planos de estas).

Figura 41. Montaje escalera posterior.



Fuente: Autor del proyecto.

3.2.3.5 *Diseño de estructura de LM*

EL diseño de la estructura del LM, es basado en un modelo visualmente agradable (Figura 42. Modelo Visual bloque.), además de cumplir con los requerimientos de flujo de aire en la parte superior, una cámara de pre-mezcla en la parte frontal superior y en la parte inferior cubículos de almacenamiento.

Otros parámetros importantes en el diseño de la estructura del LM, son referentes a los equipos que llevan un soporte estructural, para mantenerse rígidos y seguros a la estructura, accesos y tipos de accesos con sus respectivos soportes.

Después de un análisis de equipos y soportes para estos, se hace un esquema de la estructura metálica o esqueleto de refuerzo con las sujeciones como juntas soldadas y apernadas, La estructura se diseña con perfiles de tubería cuadrada de 100 mm, 50 mm y 20 mm.

Figura 42. Modelo Visual bloque.

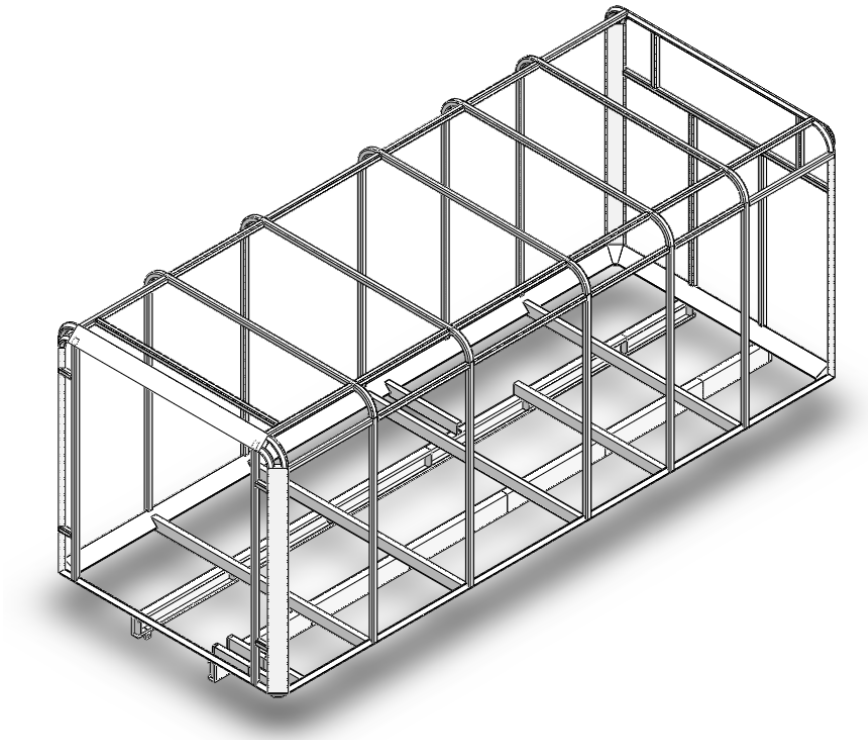


Fuente: Autor del proyecto.

Después de realizar varios modelos visualmente agradable y luego se le empieza a dar forma a los elementos estructurales requeridos para un óptimo funcionamiento. Se obtiene una solución estructural Figura 43. Estructura principal LM. Como estructura principal para soporte de estructuras de soporte de equipos y puertas de acceso, Conductos de cámaras de mezcla y módulos de almacenamiento. Para la estructura del conducto de aire (Figura 44. Estructura ducto superior.) Se diseña con una estructura de tubería cuadrada de 20 mm en acero al carbono.

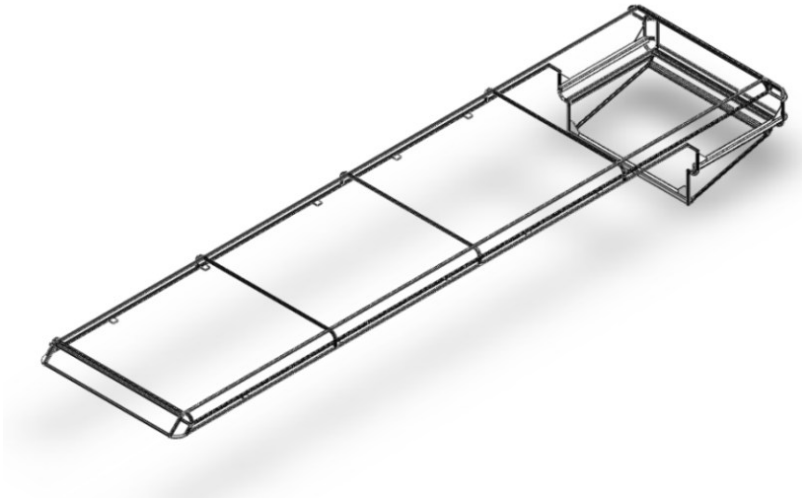
Para el almacenamiento y continuidad visual de diseño en la parte inferior del LM se utiliza una estructura de 40 mm de tubería cuadrada por su necesidad de rigidez para equipos almacenados de pesos medianos y garantizar así su capacidad, además de ayudar a cubrir sistemas como las escalerillas laterales, tanques de almacenamiento y plataforma de elevación de planta eléctrica.

Figura 43. Estructura principal LM.



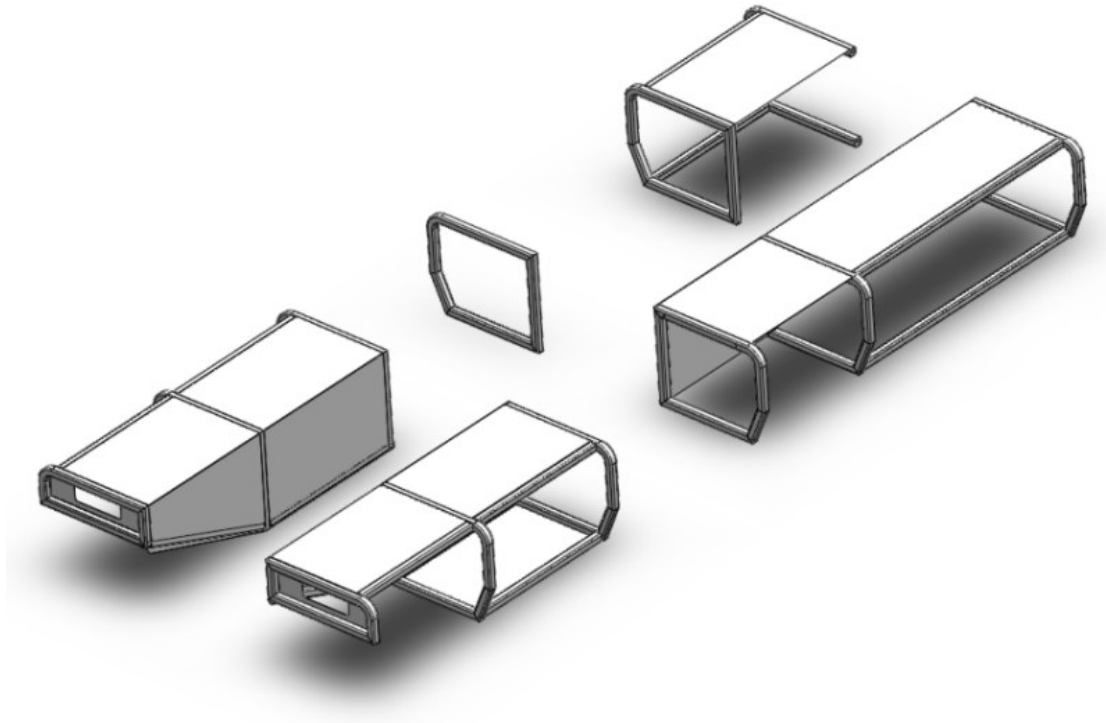
Fuente: Autor del proyecto.

Figura 44. Estructura ducto superior.



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 45. Estructura módulos de almacenamiento inferior.



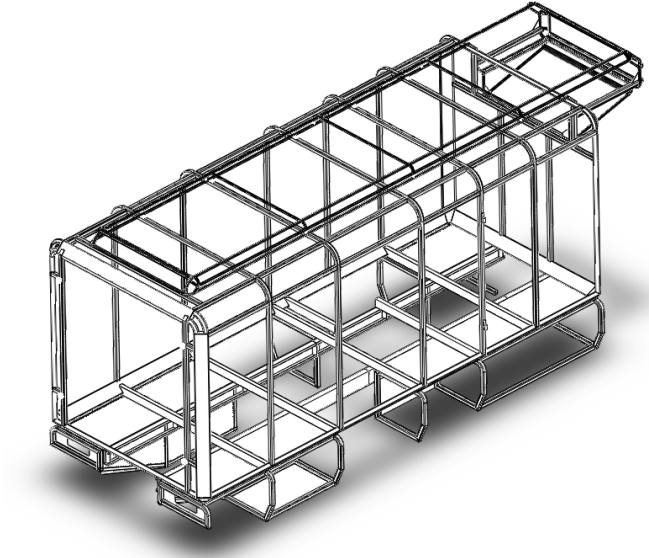
Fuente: Autor del proyecto.

Después de la integración de las estructuras de las figuras: Figura 43. Estructura principal LM. , Figura 44. Estructura ducto superior. Y en la Figura 44. Estructura ducto superior. Se observa la estructura de la cámara de mezcla ubicada en la parte superior de la estructura general.

En la Figura 45. Estructura módulos de almacenamiento inferior. Se observa la estructura de la parte inferior del LM que cumplirá la función de proteger equipos de fábrica del LM y almacenamiento de herramientas.

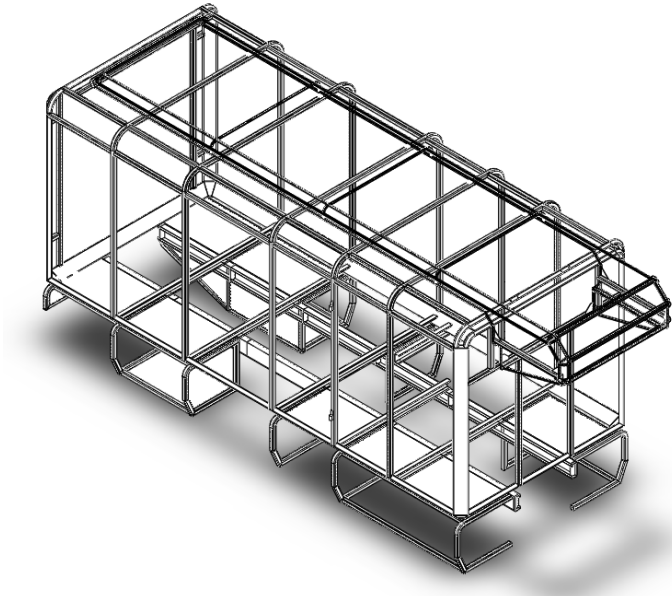
Se llega a una estructura general total representada en las figuras: Figura 46. Estructura general total LM 1. Y Figura 47. Estructura general total LM 2. Y así hacer la integración de montaje de paredes, soportes y puertas tanto de nivel superior como inferior.

Figura 46. Estructura general total LM 1.



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 47. Estructura general total LM 2.



Fuente: Autor del proyecto.

En la Figura 44. Estructura ducto superior. Se observa la estructura de la cámara de mezcla ubicada en la parte superior de la estructura general. En la Figura 45. Estructura módulos de almacenamiento inferior. Se observa la estructura de la parte inferior del LM que cumplirá la función de proteger equipos de fábrica del LM y almacenamiento de herramientas.

Las estructuras principales serán soldadas para formar piezas soldadas como se apreciaron en las figuras: Figura 43. Estructura principal LM., Figura 44. Estructura ducto superior. y Figura 45. Estructura módulos de almacenamiento inferior. y estas a su vez apernadas entre sí para un fácil montaje y desmontaje

3.2.3.5.1 Análisis de elementos finitos estructura

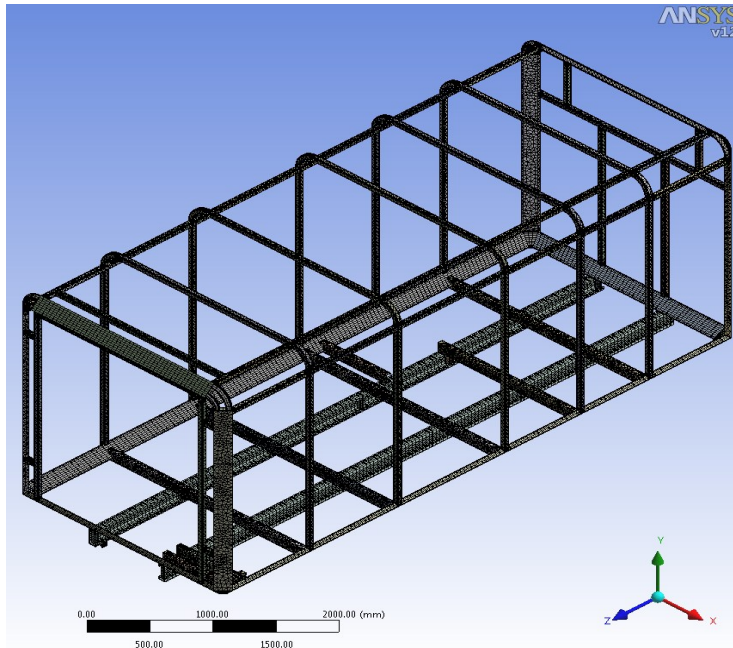
Por medio de herramientas CAE, en este caso se utiliza Ansys workbench para obtener un análisis estructural y de elementos finitos en donde se definieron los parámetros de análisis especificados en Tabla 7. Parámetros de análisis. Para un óptimo estudio de la estructura principal del LM, pues se considera que es la de mayor posibilidad de falla en el futuro por ser el alma de todo el LM.

Tabla 7. Parámetros de análisis.

Tipo de análisis	Static structural
Variables de entrada	Gravedad, T ambiente.
Tipo de enmallado	Mechanical (default)
Tipo de material	Acero estructural
Tipo de Resultados	Deformación, FS, Esfuerzos (VonMasis)

Fuente: Autor del proyecto.

Figura 48. Enmallado estructura principal.



Fuente: Autor del proyecto.

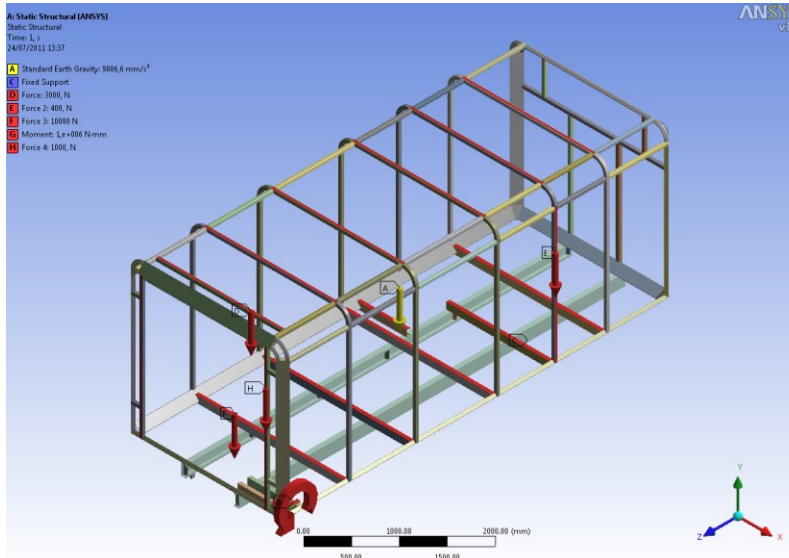
Tabla 8. Cargas análisis estructural.

Elemento	Tipo de carga	valor	Ref. Figura.
Ducto superior	Fuerza	3000 N	D
Piso	Fuerza	10000 N	F
Grúa pescante	Momento	1000 N*m	G
Puerta lateral	Fuerza	400 N	E
Puerta trasera	Fuerza	1000 N	H

Fuente: Autor del proyecto.

Para comenzar a realizar el análisis de la estructura se define el enmallado tabla de parámetros de enmallado y se genera un enmallado muy fino Figura 48. Enmallado estructura principal.

Figura 49. Cargas y soportes.

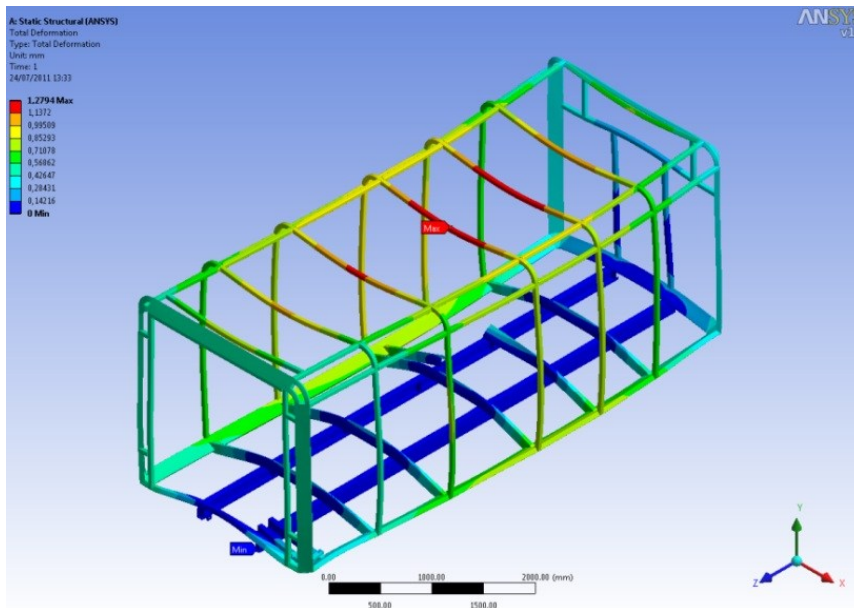


Fuente: Autor del proyecto.

En el análisis de la estructura se toman aspectos de mayor importancia además de funcionalidad, de donde se utilizan las cargas mostradas en Tabla 8. Cargas análisis estructural. Además de gravedad y un soporte fijo en la parte inferior de la estructura principal.

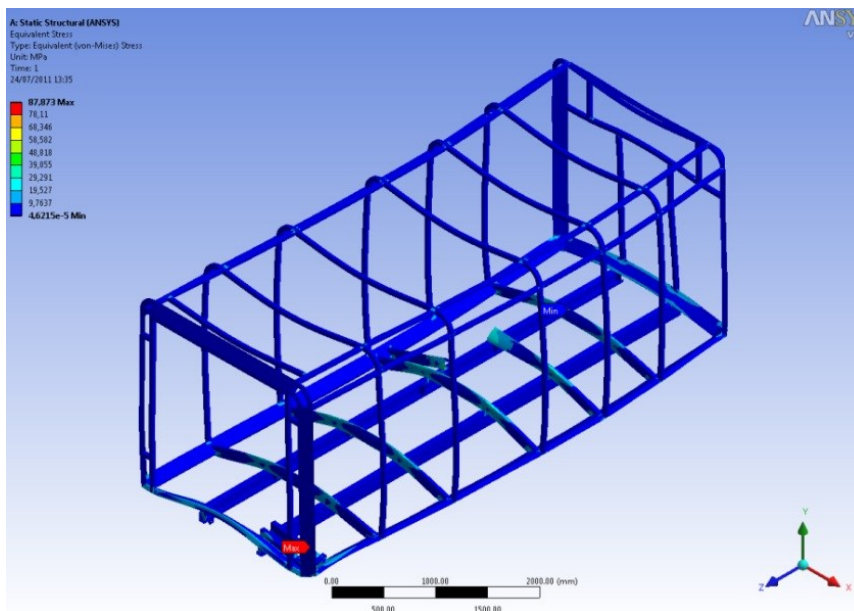
Después de hacer el análisis genera ciertos valores representativos y de unas posibles soluciones o correcciones de la estructura como son deformación máxima: 1.2794 mm, representada en la Figura 50. Deformación estructura principal. Donde podemos deducir que sería una deformación permisible por la ubicación de estas vigas.

Figura 50. Deformación estructura principal.



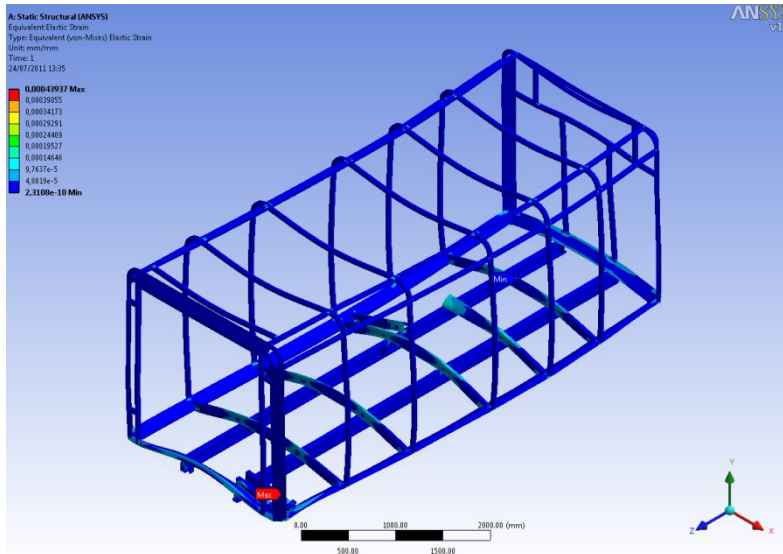
Fuente: Autor del proyecto.

Figura 51. Esfuerzo estructura principal.



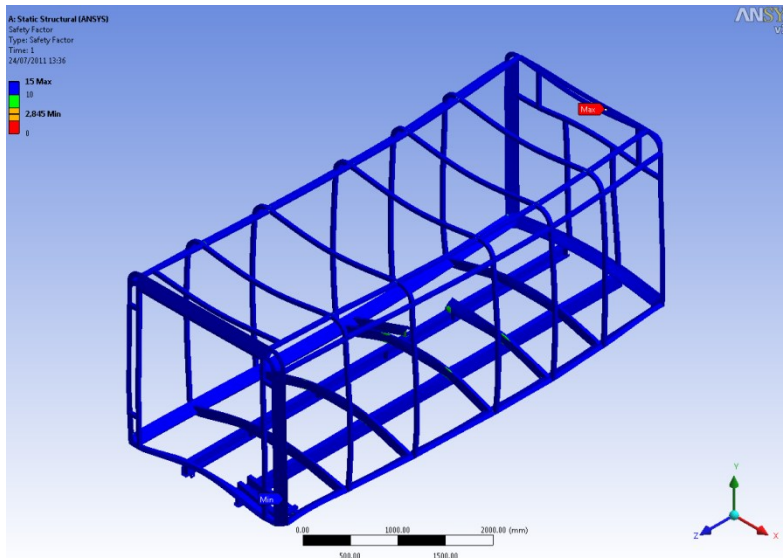
Fuente: Autor del proyecto.

Figura 52. Esfuerzo estructura principal.



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 53. Factor de seguridad estructura principal.



Fuente: Autor del proyecto.

Se observa que la mayor concentración de esfuerzos se registra en la parte donde va soportada la grúa pescante en la sección donde se acoplan las vigas de

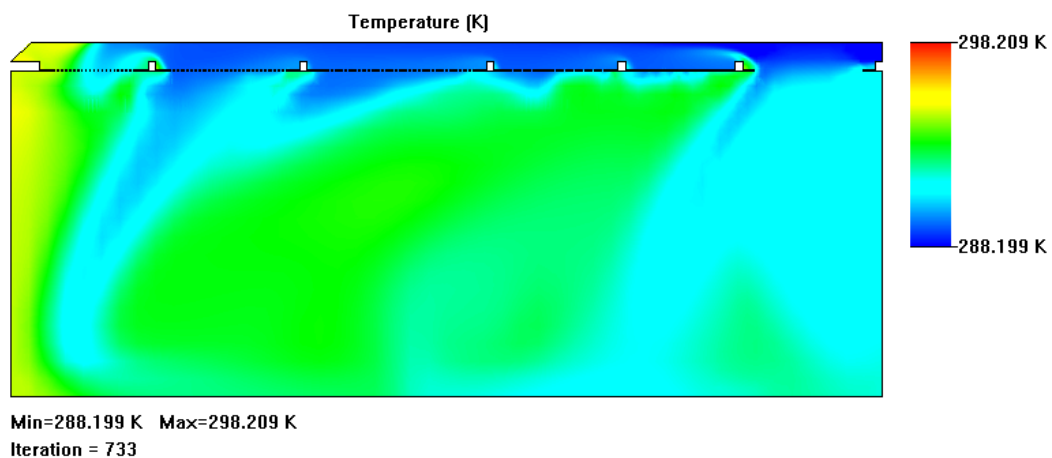
sujeción y la estructura principal para soportar la estructura tubular con un factor de seguridad de 2.4 como se indica en la Figura 53. Factor de seguridad estructura principal., donde se hace necesario un refuerzo con láminas para prevenir daños a las viguetas y al resto de la estructura principal.

3.2.3.6 *Diseño de adecuaciones flujo de aire*

Se realiza un análisis exhaustivo del comportamiento del fluido en el interior de laboratorio móvil, así como a su correspondiente cámara de pre mezcla de aire de pos calibración (después de la calibración de caudal). Para encontrar la configuración más eficiente se utilizan herramientas CAD-CAE de flujo.

En la Figura 54. Análisis de flujo lateral central cambios de temperatura. Se observa como el fluido se estabiliza a medida que descende por el entorno, haciendo que se estabilice en la parte inferior que donde se hace la extracciones aire hacia el prover.

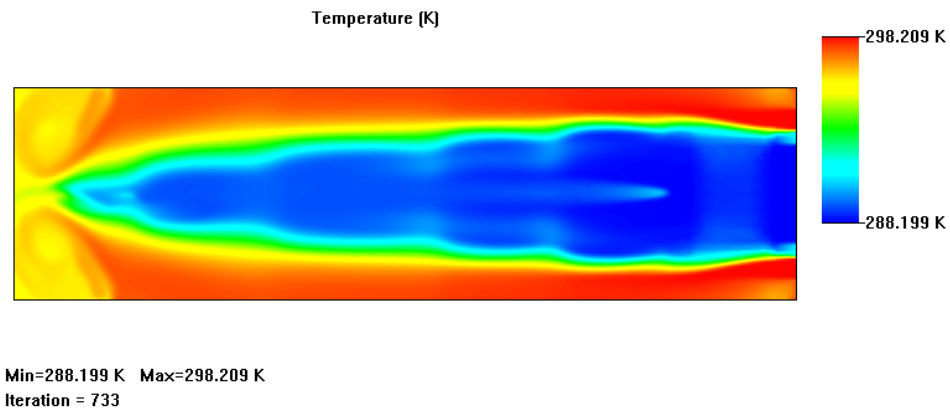
Figura 54. Análisis de flujo lateral central cambios de temperatura.



Fuente: Autor del proyecto.

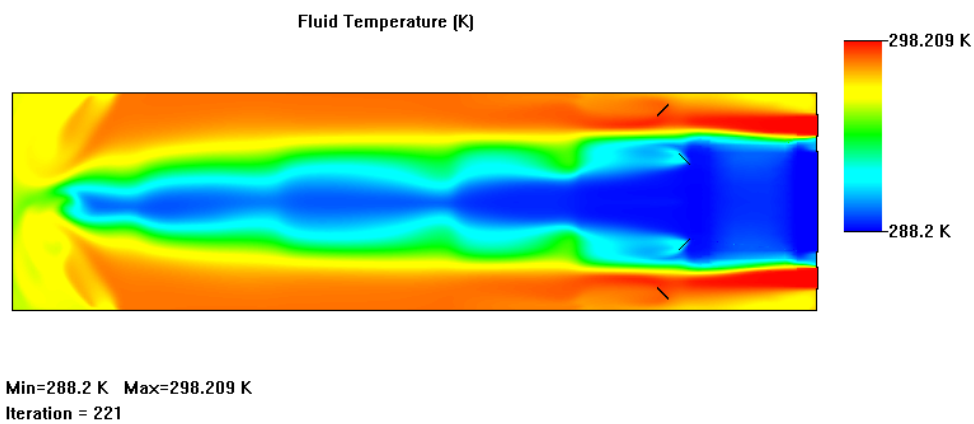
En la Figura 54. Análisis de flujo lateral central cambios de temperatura. se observa como es el mezclado y recorrido del aire antes de ingresar al entorno o volumen de control.

Figura 55. Análisis de flujo vista superior cámara de mezcla.



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 56. Análisis de flujo con placas para aumento de turbulencias.

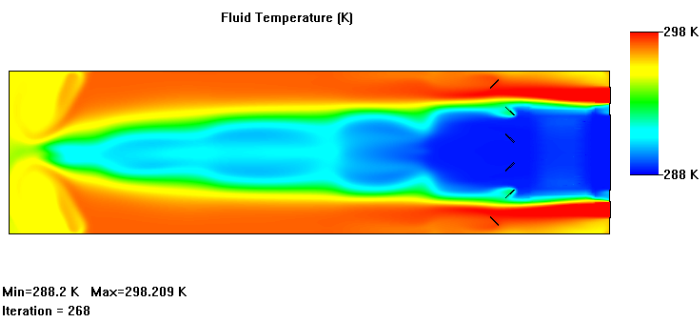


Fuente: Autor del proyecto.

En las figuras:Figura 55. Análisis de flujo vista superior cámara de mezcla., Figura 56. Análisis de flujo con placas para aumento de turbulencias. y Figura 57. Análisis

de flujo con placas de aumento de turbulencia 2. Se observa la mejora del cambio de contorno por medio de laminas de generacion de turbulencia para mejorar la mezcla de aire de baja temperatura y aire de alta temperatura provenientes de aire acondicionado y prover respectivamente.

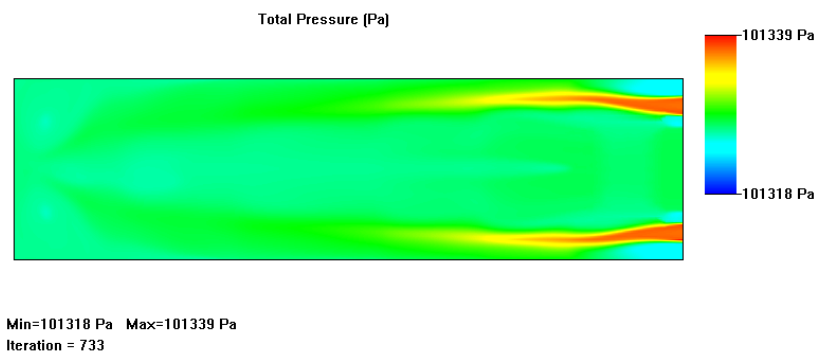
Figura 57. Análisis de flujo con placas de aumento de turbulencia 2.



Fuente: Autor del proyecto.

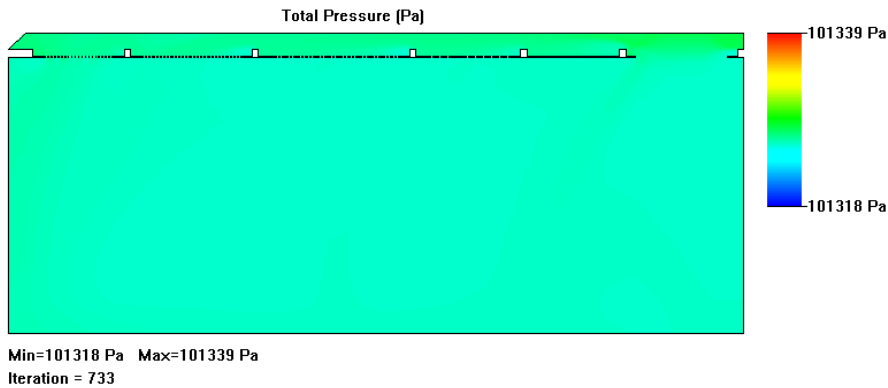
En la Figura 58. Análisis de flujo Vista superior cámara de mezcla presión. Y Figura 59. Análisis de flujo Vista lateral Presión. Se observa que el cambio de presión es muy bajo lo que se pudiese considerar como un parametro constante o estable.

Figura 58. Análisis de flujo Vista superior cámara de mezcla presión.



Fuente: Autor del proyecto.

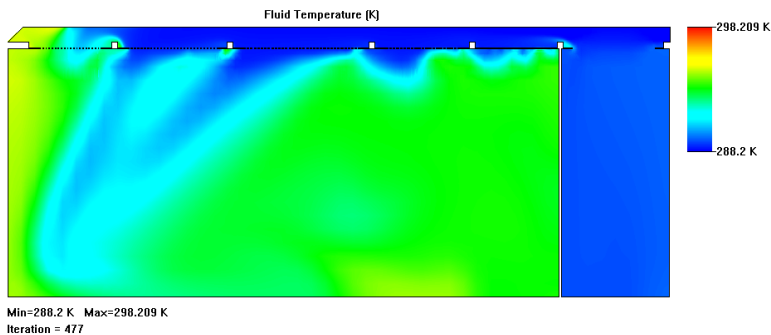
Figura 59. Análisis de flujo Vista lateral Presión.



Fuente: Autor del proyecto.

En la Figura 54. Análisis de flujo lateral central cambios de temperatura. se muestra un cambio de temperatura según el análisis de flujo, en donde se puede evidenciar que la temperatura se estabiliza en un rango de entre 292K y 294 K.

Figura 60. Análisis de flujo de temperatura puerta cerrada.



Fuente: Autor del proyecto.

Para cuando la puerta está cerrada simplemente se evidencia que el flujo de aire es de mucha mayor velocidad y esto hace que se produzca un contorno de menor estabilidad en la Figura 60. Análisis de flujo de temperatura puerta cerrada. Pero al igual q con la puerta abierta no sobrepasa del rango de 292K y 294 K.

Tomas de aire

Por producir una gran cantidad de pérdidas y por ser la parte esencial para satisfacer un ingreso de aire con propiedades lo más estables posibles se crea la necesidad de hacer un diseño lo más adecuado posible.

Después de adecuar los sitios principales del LM se observan que las ubicaciones donde se presenta un mejor desempeño interfiere con la ubicación ya propuesta de los bancos de calibración, esto hace que se creen varios tipos de toma según la necesidad así:

- Tomas directas: estas van directamente a un volumen muerto de aire.
- Tomas indirectas: se crean ductos complementados con los mobiliarios de los bancos de calibración.

Cámara de mezcla

Para obtener un flujo homogéneo se requiere que las tomas de aire se ubiquen distribuidas en varios sitios del LM y para ayudarle al aire acondicionado se colocan ventiladores pequeños (Coolers) en dichas tomas y luego a esta cámara de mezcla donde el aire acondicionado succiona el aire ya mezclado y así proteger este y así garantizar un correcto funcionamiento.

Los ductos de tomas de aire se ubican en sitios estratégicos en donde más estable se considera y se esperaría que este el aire.

Tuberías de retorno de aire.

Por ser varias tomas de aire se requiere que estas estén lo mejor distribuidas y que además no interfieran en el O&M del LM y además en el momento de mezcla de este aire sea muy homogéneo para que la mezcla por consiguiente sea lo más homogénea posible.

Panel de distribución de salida de aire.

Por cuestiones de espacio del LM se hace importante que los estantes y/o mobiliario sean lo más altos posibles, lo que hace que se restrinja a un máximo de espacio a utilizar en estos paneles el sobrante. En el área del pasillo en la parte superior de este.

Distribución de ductos de flujo de aire

Como se dijo anteriormente, la distribución de aire acondicionado se realiza por la parte superior en un techo falso para producir así una buena distribución de este y garantizar así una buena homogeneidad en la mezcla de este. (Condición requerida)

Como tubería de succión se toma una sección tubular cuadrada de 100 x 100 mm. Luego de dar viabilidad a la utilización y analizando cómo se podría aprovechar mejor el espacio o entorno volumétrico de flujo de aire se decide colocar una cámara de pre mezcla en la parte delantera del LM y allí combinar antes de pasar por el aire acondicionado lo que hace que el proceso sea un poco más estable que es lo que se requiere para así mejorar la repetibilidad de todas las calibraciones en el LM.

Del banco de caudal a la cámara de mezcla se utiliza una tubería flexible hasta una junta donde se podrá conectar y desconectar, esta estará ubicada en la parte superior del LM.

Además el techo falso tiene una distribución especial de agujeros de salida de aire para realizar la mezcla uniformemente.

Por ser de fácil aplicación y manejo de espacios es preciso utilizar una tubería cuadrada y conducidas hasta la parte anterior del aire acondicionado por medio de coolers de 12 cm x 12 cm, y luego integradas en una cámara de pre mezcla del aire.

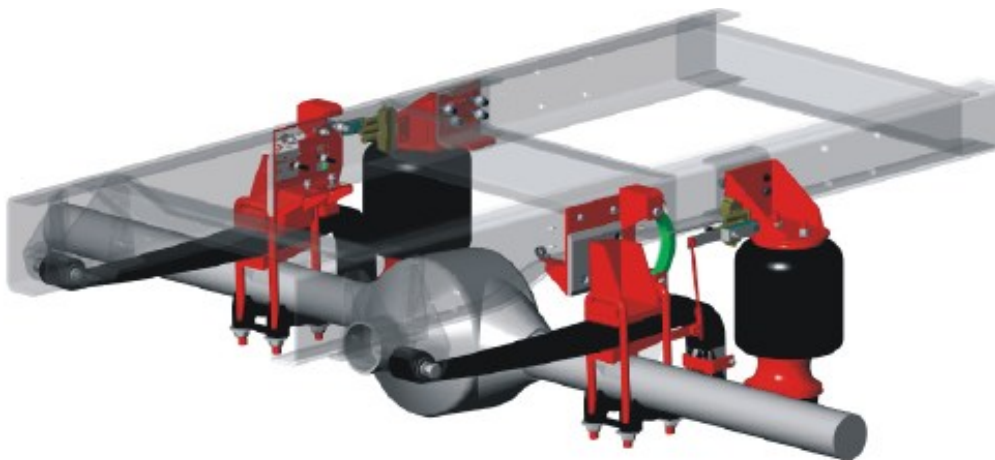
Por medio de herramientas CAD y simulación de flujo (CFD) se hace un estudio de los tipos de tubería a utilizar, donde luego se le hace un estudio de pérdidas y concentraciones de velocidad y/o estancamientos del flujo, y así disminuir al máximo las restricciones ejercidas por estas.

Tuberías críticas:

- Succión de aire acondicionado.
- Salida de prover a cámara de mezcla.
- Salida de cámara de mezcla a recinto de condiciones controladas.

3.2.4 Diseño de suspensión

Figura 61. Suspensión neumática.



Fuente: Reyco granning suspensions.

EL diseño de la suspensión para conservación de elementos y equipos dentro del laboratorio móvil en el movimiento para la prestación de servicio de calibración en un lugar determinado es muy importante porque garantiza su funcionalidad y durabilidad.

La suspensión neumática que se seleccionó para el LM es: R-SERIES AirGlide® RD11KF, RD11KDF (Ver: Anexo H. Data sheet suspensión neumática.) que cumple las especificaciones de peso mínimo soportado y fácil montaje. Este sistema estará dispuesto en el eje trasero como muestra la Figura 61. Suspensión neumática.

3.2.5 Análisis de eliminación de vibraciones mecánicas para equipos críticos

Los equipos que presentan mayor problemática debido a su aislamiento de vibraciones mecánicas que generan diferentes componentes del LM, se tomarán para hacer el análisis de aislamiento anti-vibraciones.

Los equipos de gran importancia son el **cromatografo, bloque seco, peso muerto** y hace que sea necesario que se garantice su integridad.

El **cromatografo** y el **peso muerto**. se aislarán mecánicamente por medio de mesas de aislamiento mecánico, y se seleccionó la ref. 5548^a en Anexo J. Mesas de aislamiento mecánico. Para cada equipo en Anexo K. Aislamiento mecánico equipos de laboratorios.

Se selecciona el artículo 2.04202 de AIRLOC Para **bloque seco** de Anexo K. Aislamiento mecánico equipos de laboratorios..

Además el **banco de caudal** hace necesario que este aislado mecánicamente por su gran generación de vibraciones en funcionamiento del blower. Por medio de soportes ref. PRG 170 de AIRLOC. (Ver. Anexo K. Aislamiento mecánico equipos de laboratorios.)

3.3 Materiales

Básicamente el LM tiene los materiales especificados en Tabla 9. Material LM. Con su respectiva ubicación general. Cada uno de estos fue especificado de forma más explícita en cada una de las secciones anteriores con su respectiva clase y en algunos casos su cantidad.

Tabla 9. Material LM.

Material	Sección
Fibra de vidrio	Paredes y techo
Poliuretano	Paredes y techo
Ángulos de Acero al carbono grado 50	Estructura cámara de mezcla
Tubería cuadrada de Acero al carbono grado 50	Estructura principal
Lamina alfajor	Piso laboratorio móvil

Fuente: Autor del proyecto.

Luego de un trabajo arduo se consigue el objetivo del trabajo de grado que es el diseño de un laboratorio móvil de medición de cantidad y calidad de gas natural.

4 PRESUPUESTO

4.1 General

Tabla 10. Presupuesto general.

Banco de caudal	\$ 102.257.600,00
Bombas generadoras de presión	\$ 4.394.400,00
Vehículo y adecuaciones	\$ 153.889.000,00
Patrón de calidad gas	\$ 124.600.000,00
Instrumentos laboratorio móvil	\$ 14.295.000,00
Patrones laboratorio móvil	\$ 24.900.000,00
Higrómetro y medidor de dew point	\$ 27.828.000,00
Varios	\$ 26.000.000,00
Total	\$ 468.164.000,00

Fuente: Autor del proyecto.

4.2 Banco de caudal

Tabla 11. Presupuesto banco de caudal volumétrico (Prover)

	Cant.	Valor unitario	Valor total
Instrumentación			
Barómetro (500 hPa - 1200 hPa) Clase 0,03% FS	1	USD 1.152,00	\$ 2.304.000,00
Registrador de Humedad y temperatura ambiente	1	USD 360,00	\$ 720.000,00
DPT (1 para los MM's y 1 para el MUT) CL. 0,1% FS	2	USD 2.432,40	\$ 9.729.600,00
TT (salida 4-20 mA y RTD PT-100 Clase DIN A)	3	USD 1.800,00	\$ 10.800.000,00
Total			\$ 23.553.600,00
Patrones de Volumen			
Rotativo Patrón G400T + Calibración de fabricante y amplificador (32 m3/h - 650 m3/h)	1	\$ 10.800.000,0	\$ 11.880.000,00
Rotativo Patrón G65 + Calibración de fabricante y amplificador (2 m3/h - 100 m3/h)	1	\$ 10.800.000,0	\$ 11.880.000,00
Total			\$ 23.760.000,00

Blower			
Blower 3HP	1	\$ 7.000.000,00	\$ 8.050.000,00
Motor 3HP	1	\$ 1.000.000,00	\$ 1.150.000,00
Variador de Velocidad + resistencia de carga	1	\$ 2.000.000,00	\$ 2.300.000,00
Total			\$ 11.500.000,00
Válvulas			
Válvulas Banco de Calibración de Volumen			
Válvula de Mariposa 4" On-Off	3	USD 1.046,00	\$ 9.414.000,00
Válvula de Mariposa 2" proporcional	1	USD 2.070,00	\$ 6.210.000,00
Válvula de Mariposa 2" On-Off	1	USD 940,00	\$ 2.820.000,00
Total			\$ 18.444.000,00
Electrónica y computación			
Sistema de adquisición de datos y control	1	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000,00
Construcción y montaje de equipos			\$ 10.000.000,00
Total			\$ 102.257.600,00

Fuente: Autor del proyecto.

4.3 Patrón de calidad de GAS

Tabla 12. Presupuesto calidad de gas.

Descripción	Cant.	USD FOB	SUBTOTAL
Cromatógrafo de Gas	1	USD 53.100,00	\$ 106.200.000,0
Sistema de muestreo portátil con regulación	1	USD 1.800,00	\$ 3.600.000,00
Cilindro de Muestreo	6	USD 900,00	\$ 10.800.000,00
Computador portátil	1	USD 2.000,00	\$ 4.000.000,00
Total			\$ 124.600.000,0

Fuente: Autor del proyecto.

4.4 Bombas generadoras de presión

Tabla 13. Presupuesto bombas generadoras de presión.

Descripción	Marca	Cant.	Valor	
			unitario	Subtotales
Bomba Neumática con Kit Mtto	PGS40	2	425,00 €	\$ 2.040.000,0
Kit de bomba neumática (Accesorios NPT-BSP)	Sensor one	2	73,00 €	\$ 350.400,00
Bomba Hidráulica con Kit Mtto	PGS700	1	835,00 €	\$ 2.004.000,0
Kit de bomba hidráulica (Accesorios NPT-BSP)	Sensor one	1	73,00 €	\$ 175.200,00
Total				\$ 4.394.400,0

Fuente: Autor del proyecto.

4.5 Vehículo y adecuaciones

Tabla 14. Presupuesto vehículo y adecuaciones.

Descripción	Cant.	Valor unitario
Vehículo NQR 5,2D	1	\$ 110.000.000,00
Planta eléctrica	1	\$ 2.650.000,00
Aire acondicionado	1	\$ 1.139.000,00
Conductos	1	\$ 2.000.000,00
Carrocería tipo furgón	1	\$ 20.000.000,00
Adecuaciones extras de furgón	1	\$ 15.000.000,00
Sistema de rastreo y control Satelital	1	\$ 2.000.000,00
Sistema de navegación GPS	1	\$ 1.100.000,00
Total		\$ 143.889.000,00

Fuente: Autor del proyecto.

4.6 Instrumentación variada

Tabla 15. Presupuesto Instrumentación variada.

Descripción	Cant.	USD FOB	Subtotal
Multímetro	1	USD 697,50	\$ 1.395.000,00
Osciloscopio	1	USD 2.250,00	\$ 4.500.000,00
Detector de Gases	1	USD 1.350,00	\$ 2.700.000,00
Teluro metro (Resistencia de tierra)	1	USD 1.500,00	\$ 3.000.000,00
Probador de continuidad	1	USD 1.350,00	\$ 2.700.000,00
Total			\$ 14.295.000,00

Fuente: Autor del proyecto.

4.7 Patrones de calibración (MM)

Tabla 16. Presupuesto patrones de calibración (MM).

Descripción	Cant.	USD FOB	Subtotal
Multi-calibrador	1	USD 2.200,00	\$ 4.400.000,00
Calibrador de Presión	1	USD 4.000,00	\$ 8.000.000,00
Peso Muerto	1	USD 1.200,00	\$ 2.400.000,00
Bloque Seco	1	USD 3.060,00	\$ 6.120.000,00
Súper Termómetro con RTD Patrón	1	USD 1.990,00	\$ 3.980.000,00
Total			\$ 24.900.000,00

Fuente: Autor del proyecto.

4.8 Higrómetro y medidor de dew point

Tabla 17. Presupuesto de higrómetro y medidor de dew point.

Descripción	Cant.	USD FOB	Subtotal
Higrómetro Portátil GE PM880 con sistema de Muestreo	1	USD 7.800,00	\$ 17.160.000,00
Sales de Referencia de Humedad	3	\$ 2.500.000,00	\$ 7.500.000,00
Sonda de Humedad Serie M	1	USD 1.440,00	\$ 3.168.000,00
Total			\$ 27.828.000,00

Fuente: Autor del proyecto.

4.9 Varios

Tabla 18. Presupuesto varios.

Descripción	Cant.	Valor unitario	Subtotal
PC portátil (Con software ofimática)	2	\$ 3.000.000,00	\$ 6.000.000,00
UPS	2	\$ 2.500.000,00	\$ 5.000.000,00
Cilindros de muestreo	5	\$ 3.000.000,00	\$ 15.000.000,00
Total			\$ 26.000.000,00

Fuente: Autor del proyecto.

5 Conclusiones

La aplicación de los conocimientos adquiridos a través de la formación de diversas disciplinas de ingeniería mecánica hizo posible el diseño de un laboratorio móvil de medición de calidad y cantidad de gas natural, con la herramienta CAD Solid Works que hace que se pre-visualicen posibles problemas de montaje y operación.

El uso de software de análisis de elementos finitos es indispensable en el diseño de nuevos prototipos, en este trabajo de grado se utilizaron herramientas poderosas de análisis de flujo y análisis estructural como son ANSYS y COSMOS FLOW SIMULATION, disminuyendo el tiempo de prototipo y haciendo un diseño eficaz y eficiente.

La experiencia adquirida en la corporación CDT de Gas es necesaria para proyectos de este tipo, ya que reduce el estudio experimental ya realizado por esta, en selección de equipos de calibración y tipos de mediciones.

En el proceso de construcción se espera un diseño de mayor detalle y de un grupo adecuado de ingeniería de montaje para establecer, un prototipo que sea congruente con el proceso de montaje mantenimiento, puesta a punto y operación del laboratorio móvil

El diseño de laboratorios de calibración de medidores de caudal volumétrico de gas son muy complejas las variables a utilizar para garantizar correctas mediciones, y disminuir el nivel de incertidumbre por variables externas.

Se diseñó una facilidad de calibración de medidores caudal volumétrico, calidad y propiedades de gas, con el fin de construcción a un tiempo estimado de 2 años.

Bibliografía

VIM: Vocabulario internacional de metrología.

Normas NTC 1486 y 4788.

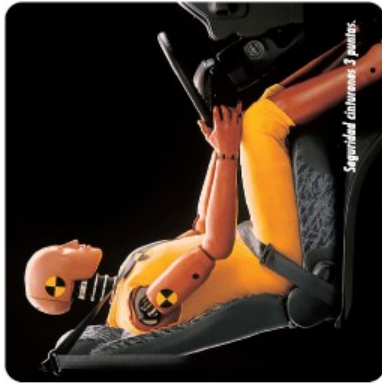
Anexos

Anexo A. Data sheet Chevrolet NPR camión plus.



Conducción cómoda y segura

La calidad de los NPR y NQR está en todos sus detalles. El alto nivel de confort que brindan estos camiones livianos está dado por su gran espacio interior, asiento reclinable, dirección servoasistida y distribución de sus instrumentos. La seguridad es otra de las características claves de un NPR y de un NQR, la que se manifiesta en su excelente maniobrabilidad y respuesta, gracias a su dirección servoasistida y los cinturones de seguridad de tres puntas.





Mayor distancia entre largueros, permite una mayor estabilidad y distribución de la carga.



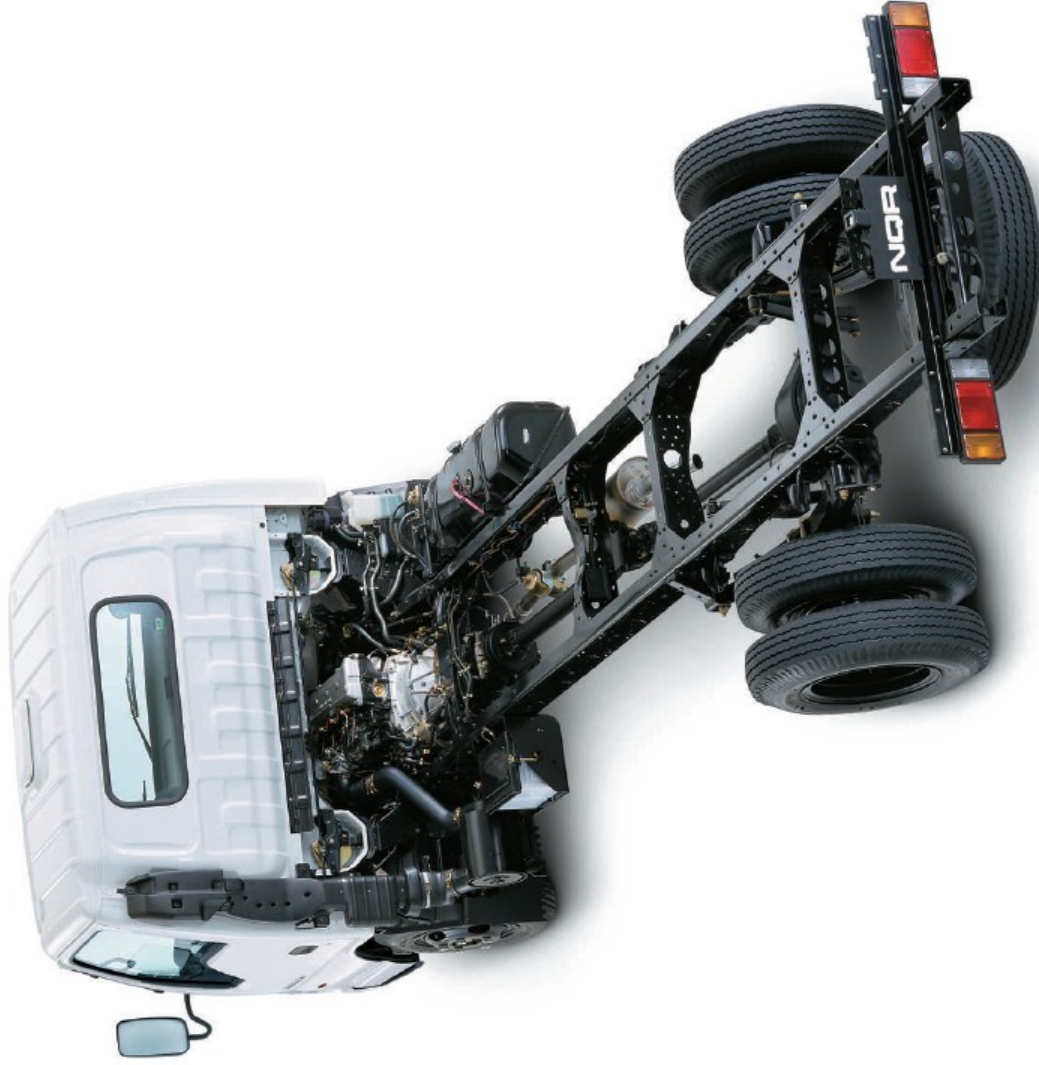
POTENCIA DE COMBUSTION LIMPIA

Chevrolet, en la búsqueda constante de brindar los mejores camiones del mercado, ha incorporado a los camiones NPR y NQR, el motor 4HK1 de última generación y más amigable con el medio ambiente, al cumplir con las exigentes normas de emisiones Euro III.

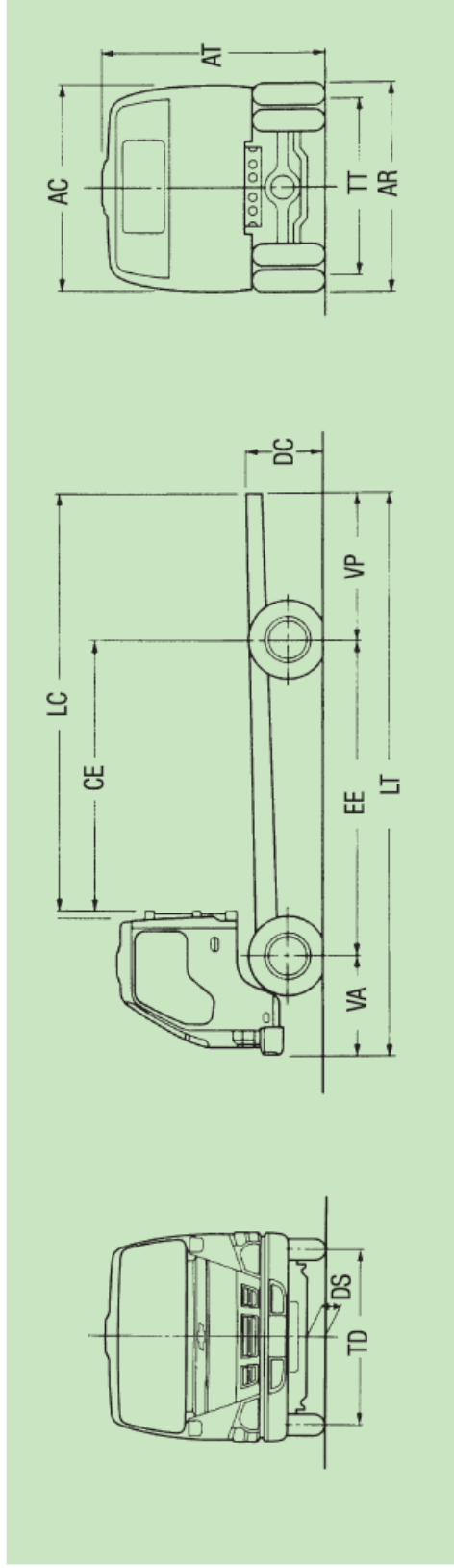
Hoy, estos motores Diesel Turbo Intercooler poseen la tecnología Common Rail, otorgando una mayor eficiencia en el uso del combustible y mayor potencia.



Su chassis reforzado ofrece una mayor durabilidad y capacidad para soportar trabajo continuo y operaciones exigentes.



DIMENSIONES Y CAPACIDAD



Unidad: mm.

MODELO	EE	LT	VA	VP	LC	CE	AC	TD	AR	TT	AT	DS	DC	Distancia entre largueros
NPR 75 PL	3.815	6.600	1.085	1.700	4.775	3.075	1.995	1.680	2.115	1.650	2.200	205	800	850
NQR 75 RL	4.175	7.320	1.085	2.060	5.615	3.650	1.995	1.665	2.115	1.650	2.250	205	830	850

MODELO	RADIO DE GIRO	TAMAÑO DE NEUMATICOS	PESO BRUTO DEL VEHICULO	TARA CHASSIS CABINA
NPR 75 PL	6,9 mt.	7,5-16 14 telas	7.500 kg.	2.540 kg.
NQR 75 RL	6,9 mt.	7,5-16 14 telas	8.500 kg.	2.730 kg.



Installation and operation manual iMRM G16 – G650

Anexo B. Manual de instalación y operación medidores Imeter.

Specifications

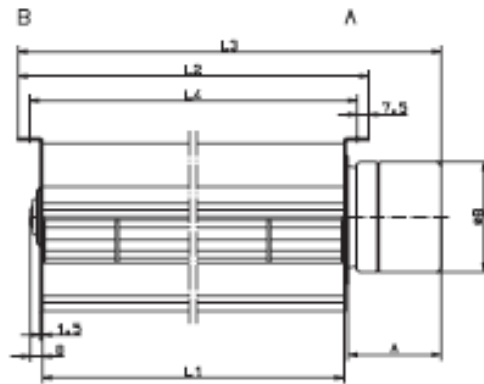
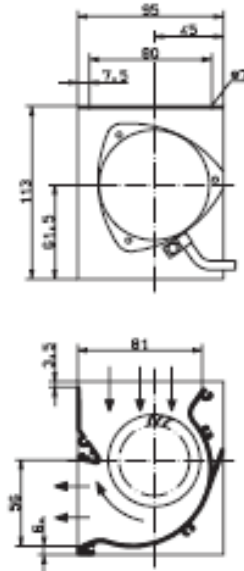
Specification	Units	G16	G25	G40	G65	G100	G160T	G160	G250	G400T	G650T	
Base Rating (Qmax)	m ³ /h	25	40	65	100	160	250	250	400	650	1000	
Max. Operating Pressure	KPa	1700										
Rangeability (+/- 1%)	-	25 : 1	40 : 1	65 : 1	100 : 1	100 : 1	100 : 1	100 : 1	100 : 1	100 : 1	100 : 1	
Rangeability (+/- 2%)	-	40 : 1	65 : 1	100 : 1	160 : 1	160 : 1	160 : 1	160 : 1	160 : 1	160 : 1	160 : 1	
Temperature Range	Deg. C	-30 to 60										
Start Rate	m ³ /h	-	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.07	-	< 0.1	< 0.15	-	-	
Stop Rate	m ³ /h	-	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.07	-	< 0.1	< 0.15	-	-	
Pres. Differential (Qmax), gas	Pa	-	-	100	145	120	-	230	430	-	-	
Flow Rate @ 1/2" w.c, gas	m ³ /h	-	-	65	95	160	-	170	250	-	-	
Max. Pressurization Rate	kPa/sec	35										
RPM @ Qmax	rpm	600	900	1500	2400	2400	2400	1800	2200	2800	2800	
Over Range Capability	% of Qmax	25										
Restricting Orifice (to 1.3 Qmax)	mm	12.2 or 15.3	12.2	15.3	15.3	19.4	-	24.1	30	-	-	
Displaced Volume/Rev.	dm ³ /rev.	0.69	0.69	0.69	0.69	1.11	1.73	2.31	2.98	3.88	5.97	
Index Resolution	m ³	0.002	0.002	0.002	0.002	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
Nominal pipe Size	mm	40/50	40/50	40	50	80	80	80	100	100	150	
Flange to Flange Dimension	mm	171	171	171	171	171	171	241	241	241	241	
Bolts/Flange ANSI/DIN	-	4/4	4/4	4/4	4/4	4/8	4/8	4/8	8/8	8/8	8/8	
Bolt Size ANSI	-	1/2 or 5/8 UNC	1/2 UNC	1/2 UNC	5/8 UNC	5/8 UNC	5/8 UNC	5/8 UNC	5/8 UNC	5/8 UNC	3/4 UNC	
Bolt Size DIN	-	M16										
Bolt Torque Nm	Nm	55 or 130	55	130								180
Meter Oil Capacity Horizontal	cm ³	20	20	20	20	20	2 x 20	55	55	2 x 55	2 x 55	
Meter Oil Capacity Vertical	cm ³	106	106	106	106	106	2 x 106	340	340	2 x 340	2 x 340	
Net Weight	kg	10	10	10	10	12	20.5	24.5	27.5	45	53	

Querstromventilator 90° durchströmt
Crossflow fan 90° flow

QR06/QR08

Gleichstrom / DC

Abmessungen
Dimensions



KL 1683


Darstellung QR06

Picture QR06

Gehäuseabmessungen QR08
 siehe Seite 28

Case dimensions QR08
 see page 28

A + B Motoranbauseite Motor mounting side

Ventilator-Typ Fan type	Artikel-Nr. Article no.	A	ØB	L1	L2	L3	L4		Motor-Typ Motor type
QR06A-GIM.50.BP	112292	56	72	500	532	574	517	1,9	G55-13
QR06A-GIM.70.BP	110260	61	72	700	732	779	717	2,2	G55-13

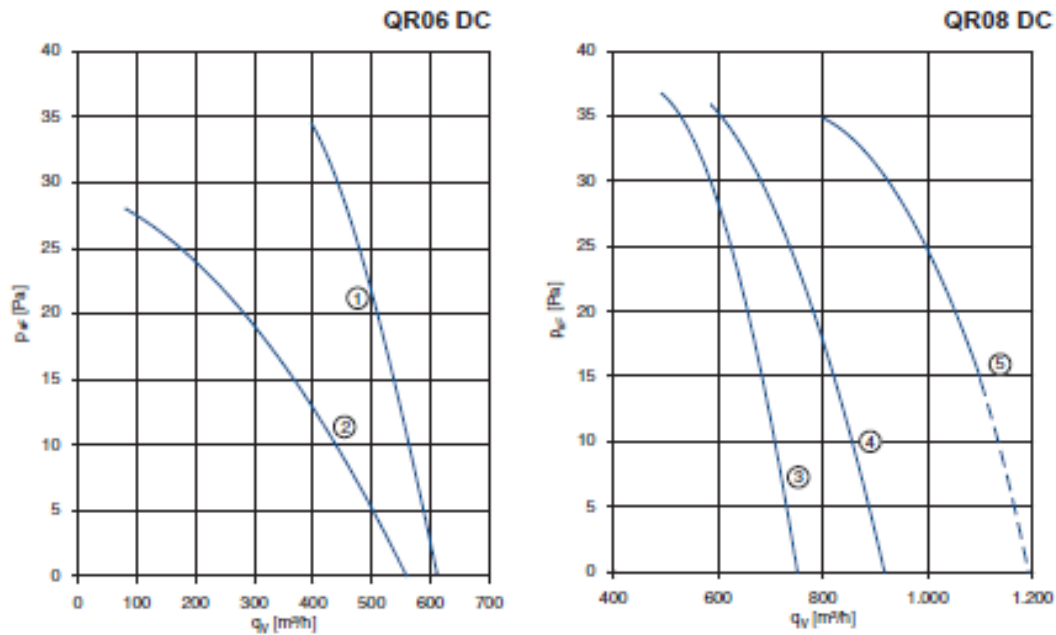
QR08A-GIM.38.DB	113401	79	92	380	420	482	402	3,4	G74-15
QR08A-GIM.50.DB	113402	79	92	500	540	602	522	3,8	G74-15
QR08A-GIM.72.DB	113403	79	92	720	760	822	742	4,5	G74-15

Querstromventilator 90° durchströmt
Crossflow fan 90° flow

QR06/QR08

Gleichstrom / DC

Leistungsdaten
Performance data



Ventilator-Typ Fan type	U V	P ₁ W	I A	n min ⁻¹	q _v m³/h	L _{WA} dB(A)	Min.pressung Min. pressure
QR06A-GIM.50.BP ①	24	40	1,60	2100	610	65	
QR06A-GIM.70.BP ②	24	17	0,72	1250	550	59	

QR08A-GIM.38.DB ③	24	53	22	1560	750	70	
QR08A-GIM.50.DB ④	24	58	2,4	1480	920	70	
QR08A-GIM.72.DB ⑤	24	58	2,4	1490	1100	70	15 Pa

Anexo D. Data sheet planta eléctrica DJ8000CLE.

DJ 8000CLE Generador a gasolina, arranque eléctrico.

Potencia máxima	7.5 kw
Potencia continua	7.0 kw
Voltaje	120 VAC, 12VDC
Frecuencia	60 HZ, 3600RPM
Factor de potencia	1, regulación AVR
Motor	FORTE GM420 , 15HP
Capacidad de tanque	25 ℓ (6.6 galones)
Autonomía	7 horas
Nivel de ruido	76 dB a 7 metros
Peso seco	92 kg



PRESYS
Instrumentos y Sistemas

e m p r e s a
p r o d u c t o s
m a n t e n i m i e n t o
c o m u n i q u e s e
r e p r e s e n t a n t e s

Presys Instrumentos y Sistemas

Rua Luiz da Costa Ramos, 260
São Paulo - SP - Brasil
04157-020

Tel: (55-11) 5073.1900
Fax: (55-11) 5073.3366
ventas@presys.com.br

Calibrador Tipo _____ Baño Térmico de Bloque Seco



Los calibradores T-25N, T-350P y T-650P realizan funciones en las que serían necesarios tres instrumentos distintos: baño térmico tipo bloque seco, termómetro estándar y calibrador para TCs, RTDs, mA, mV, ohms y termostatos.

- El modelo T-25N genera temperaturas desde -25°C hasta $+125^{\circ}\text{C}$, los modelos T-350P y T-650P generan desde temperatura ambiente hasta 350°C y 650°C , respectivamente.
- Precisión hasta $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ con referencia interna, o $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$ usando termómetro externo.
- Resolución de $0,01^{\circ}\text{C}$.
- Estabilidad de $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$ para T-25N, $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$ para T-350P y T-650P.
- Poseen entrada para lectura de termocuplas, termorresistencias y termostatos. Así, además de generar la temperatura, miden la señal del sensor que debe ser verificado. Poseen también compensación de junta fría interna de alta precisión para lectura de termocuplas.
- Poseen fuente interna regulada de 24 V DC y entrada de mA para transmisores a dos hilos.
- Dispensan el uso de termómetro estándar externo.
- Realizan calibraciones totalmente automáticas con o sin uso de la computadora.
- Capacidad de documentación: comunicación con la computadora y Software CS-504.
- Portátiles, compactos, poseen inserciones intercambiables y estuche para transporte.

Los Calibradores de Temperatura tipo Bloque Seco T-25N / T-350P / T-650P generan valores de temperatura en el bloque de prueba, también llamado insert, con lo cual posibilitan la calibración de termocuplas, termorresistencias, termómetros de vidrio, termostatos

Presys Instrumentos y Sistemas

Rua Luiz da Costa Ramos, 260
São Paulo - SP - Brasil
04157-020

Tel: (55-11) 5073.1900
Fax: (55-11) 5073.3366
vendas@presys.com.br

Calibrador Tipo Baño Térmico de Bloque Seco

Especificaciones Técnicas

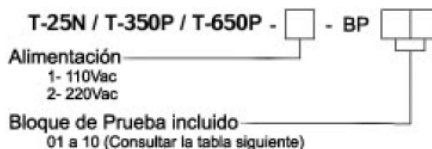
	T-25N	T-350P	T-650P
Rango de Operación	-25°C a +125°C ⁽¹⁾	desde temperatura ambiente hasta 350°C	desde temperatura ambiente hasta 650°C
Alimentación Eléctrica	110V AC ó 220V AC, 50/60Hz, según el código de pedido.		
Profundidad de Pozo	125mm		
Resolución	0,01°C ó 0,01°F		
Precisión	±0,1°C ± 0,1% de la lectura		
Estabilidad (después de 10 minutos)	0,02°C ó 0,04°F	±0,05°C	
Consumo Nominal	200W		
Tiempo de Calentamiento	5 minutos (50°C a 350°C)		25 minutos (50°C a 650°C)
Tiempo de Enfriamiento	9 minutos (100°C a 0°C)	15 minutos (350°C a 100°C)	25 minutos (650°C a 200°C)
Dimensiones	250 x 180 x 270mm (alto x ancho x profundidad)		
Peso	5,8 kg		
Garantía	1 año		

(1) Temperatura Ambiente: 20°C.

Especificaciones de las Entradas Eléctricas

Idénticas a las del calibrador de temperatura TC-502, con excepción de las termocupas tipo B, R y S.

Códigos para Pedido



Accesorios

Bloques de Pruebas (insert):

Descripción	Orificios	Código para Pedido.
BP01	1 x 3/4"	06.04.0011-00
BP02	1 x 1/2"	06.04.0012-00
BP03	1 x 6,0mm y 3 x 1/4"	06.04.0013-00
BP04	3 x 6,0mm y 1 x 1/4"	06.04.0014-00
BP05	4 x 6,0mm	06.04.0015-00
BP06	2 x 6,0mm y 2 x 1/4"	06.04.0016-00
BP07	1 x 6,0mm, 1 x 8,0mm y 1 x 3/8"	06.04.0017-00
BP08	1 x 6,0mm, 1 x 3,0mm y 2 x 1/4"	06.04.0018-00
BP09	Sin orificio (a ser perforado por el cliente).	06.04.0019-00
BP10	Otros, bajo pedido.	06.04.0020-00

Interfaces de Comunicación:

Descripción	Código para Pedido.
RS-232 - Conector DB-9F (COM1)	06.02.0002 - 00
RS-232 - Conector DB-25F (COM2)	06.02.0004 - 00
RS-485	06.02.0006 - 00

Estuche para Transporte. Código para Pedido: 06.01.0006-00.

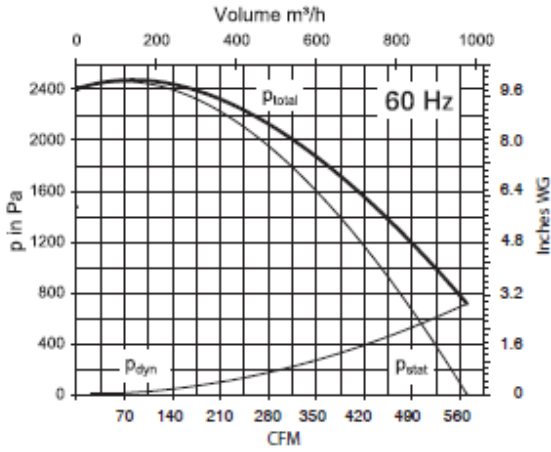
Software CS-504.

Certificado de Calibración.

Ejemplo de Código: T-25N-1-BP02, define un baño T-25N con alimentación eléctrica de 110 V AC, inserción incluida tipo BP03. Cuando no está

Anexo F. Data sheet blower seleccionado.

Medium pressure fan
GR 100-E-71/2



60 Hz

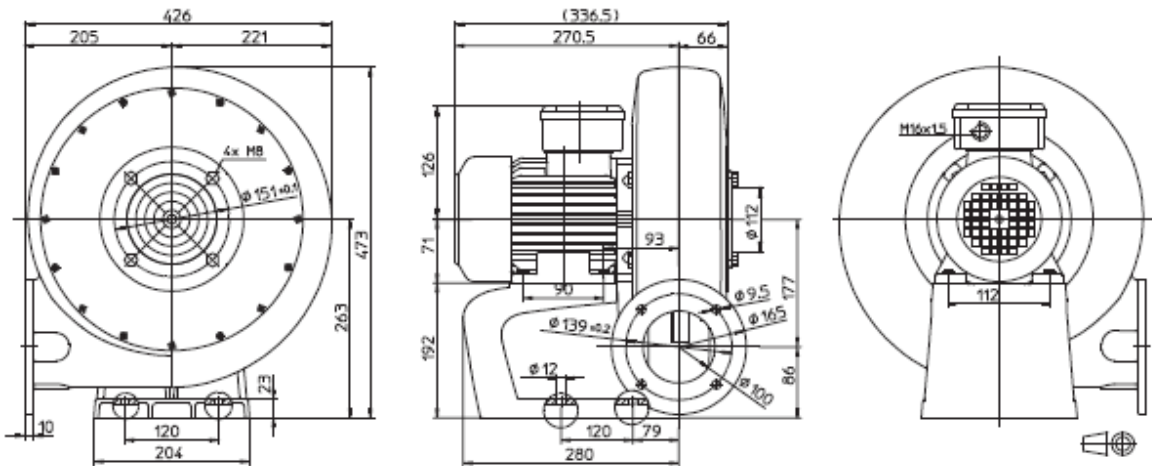
GR 100-E-71/2

Technical Data

Type

16 m³/min (900 m³/h)	Free outlet flow rate
2410 Pa	Pressure increase, fully throttled
0,45 kW	Motor nominal rating
3AC, 254-277 V, 60 Hz	Delta connection
3AC, 440-480 V, 60 Hz	Star connection
3AC, 440-480 V, 60 Hz	Current draw, approx.
16,5 kg/21 kg	Weight with/without ventilator foot
Aluminium	Ventilator housing material
Aluminium	Material of impeller
max. 80 °C (176 °F)	Temperature of medium
max. 230 °C (446 °F)	... on request

Dimensions



GR 100-E-71/2_02.04

Subject to modification

Anexo G. Data sheet aire acondicionado.

Características principales



• Gold Fin

• Chasis Corredizo

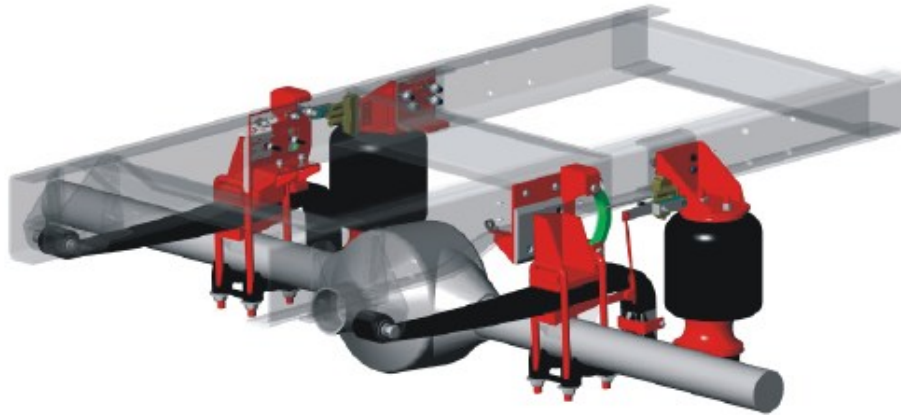
• Filtro Lavable

[\[-\] Ocultar especificaciones](#)

COMMON SPEC	
Tipo de producto	Window
CAPACIDAD DE REFRIGERACIÓN	
kBtu/h (Mín. - Escala - Máx.)	8000
EER	
Frío (W/W)	9.8
ALIMENTACIÓN	
ø,V,Hz	115,60,1
CIRCULACIÓN DE AIRE (UNIDAD PARA EXTERIORES)	
CMM	6.3/11.8
ELIMINACIÓN DE LA HUMEDAD	
l/h.(pts/h.)	1.2
NIVEL DE RUIDO	
Unidad para interiores (H/M/L/Sleep) (dB(A)±3)	52
Unidad para exteriores (dB(A)±3)	54
DIMENSIONES	
Unidad para interiores (AxAlt.xP) (mm/pulgada)	353x469x525
Unidad para exteriores (AxAlt.xP) (mm/pulgada)	353x469x525
PESO NETO	
Unidad para interiores (kg/lb)	34
Unidad para exteriores (kg/lb)	34
CARACTERÍSTICAS	
CHAOS Wind (Auto Wind)	Manual
Funcionamiento automático (Control Micom)	Sí
Temporizador	12h, On / Off

Specification Sheet
R-SERIES
RD11KF, RD11KDF

R-SERIES
AirGlide® RD11KF, RD11KDF
drive axle air ride suspension for
Ford F450 SuperDuty Cab Chassis.



Suspension Capacity Rating

11,000 lbs

Applications

Ambulances
Shuttle Buses
Trailer Pull Vehicles
Commercial Vehicles

Features and Benefits

- Improved ride over OEM leaf spring suspension
- Load leveling, front-to-rear and side-to-side.
- Rear "dump" capability.
- Improved roll stiffness.
- OEM spring hanger and frame holes utilized for minimized installation times.



TUTHILL
Transport Technologies

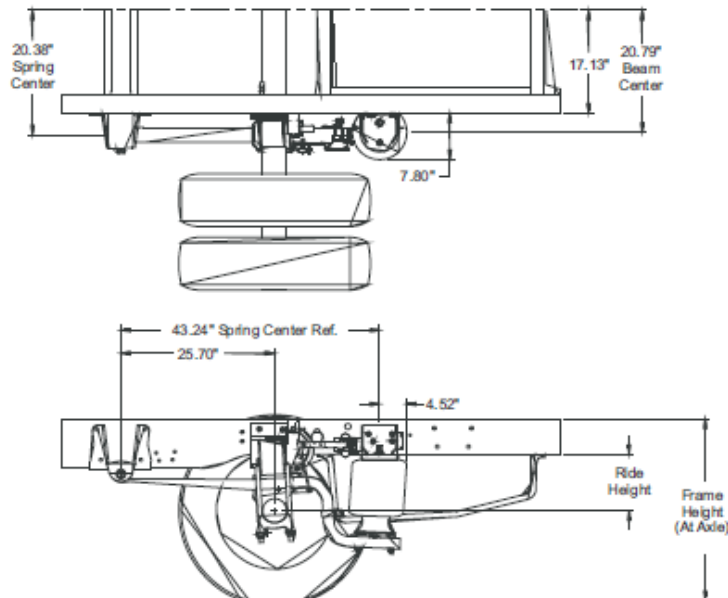
Brookston, IN USA
Springfield, MO USA
Mt. Vernon, MO USA
Grimsby, ON CAN

Reyco
Granning
SUSPENSIONS

www.tuthill.com

Specification Sheet
R-SERIES
RD11KF, RD11KDF

Ride Height:	Design:	RD11KF	RD11KDF
	Full Jounce:	9.58"	10.23"
	Jounce Bumper Contact:	5.32" (4.26" Travel)	5.91" (4.32" Travel)
	Rebound Stop Contact:	6.19" (3.39" Travel)	6.78" (3.45" Travel)
	Full Rebound:	11.55" (1.97" Travel)	11.59" (1.86" Travel)
Suspension Capacity:		11,000 lbs	11,000 lbs
Frame Height	Ground to Top of Frame (Loaded Design, with Air Suspension)	29.80"	31.10
	Ground to Top of Frame (Deflated, Jounce Bumper Contact)	26.41"	27.65
Vehicle:	2003 and Later Ford F450 Super Duty w/6.0L Diesel (RD11KDF) Ford F450 SuperDuty Cab Chassis (RD11KF)		
Tires:	225/70R19.5 F		
Air Control Kits:	9932, Dual Height Control Valve with Electric Dump Valves 9930, Dual Height Control Valve (no Dump Valves)		
Options:	5703, Low Pressure Warning Kit, includes gauge and buzzer 5895, Gauge Kit 7101, Low Pressure Warning Kit, includes buzzer		



Brookston, IN USA
 Springfield, MO USA
 Mt. Vernon, MO USA
 Grimsby, ON CAN

To place your next Reyco/Granning order or for more information on the specification or installation of a Reyco/Granning suspension, call the customer service number at 1-800-255-7824.

Tuthill Transport Technologies reserves the right to change this information without notice. Information contained herein is general in nature and not intended for specific application purposes.

Anexo I. Data sheet compresor DeWALT D55153.



D55153

1.1 HP Continuous 4 Gallon Electric Hand Carry Compressor

Product Features

- 4.0 CFM delivered @ 90 PSI pump provides rapid recovery
- Oil lubricated pump improves durability
- Cast iron cylinder enhances pump life
- High-flow regulator for increased performance
- 4 gallon twin stack tank design with proven acceptance in the market
- Dual soft start valves assist in cold weather start-up

[SPECS & WARRANTY](#)

[QUESTIONS & ANSWERS](#)

[USER REVIEWS \(1\)](#)

Specifications

HP	1.1HP
Drive	Direct
Tank Size	4gal
Power Supply	120V AC, 15 amps, 60 Hz, 2 pole induction motor
CFM @ 100 PSI	3.8CFM
Pump Speed	3,400rpm
Tool Length	18"
Tool Width	18.5"
Tool Height	16.75"
Tool Weight	56.5lbs

Shipping Weight 60lbs

Warranty Information

This DEWALT® High Performance Industrial Tool comes with a warranty package that includes:

- 30 Day Money Back Guarantee
- 1 Year Free Service Contract
- 1 Year Warranty

[More information on the general DEWALT warranty](#)

D55153 Includes:

- DEWALT® Compressor Oil



Nano

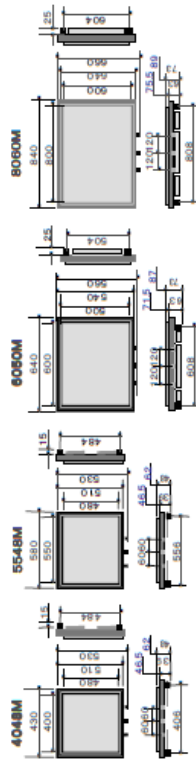
Desktop Vibration Isolation System

DT^M DT^A



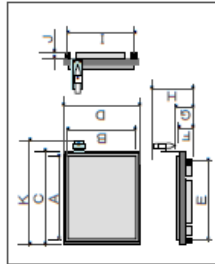
Herz Co., Ltd.

nano DT- Desktop Vibration Isolation System M-Type External Dimensions



※ Blue color stand for height of 30.

nano DT- Desktop Vibration Isolation System A-Type External Dimensions

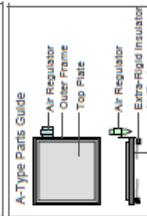
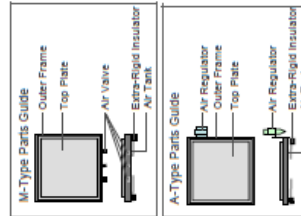


		Units : mm	
		4048A, 5548A, 6050A	8060A
A	400	550	800
B	480	480	500
C	430	580	540
D	410	520	510
E	510	520	510
F	39	39	63
F	46.5	46.5	71.5
G	48	48	73
H	62	62	87
I	184	184	184
J	482	432	592
K	15	15	25

※ Blue color stand for height of 30.

■ Specification: ■

		A-type (Auto-Leveling Version)	
Model	1D-/DT-	4048M	5548M
Model	3D-/DT-	4048M	5548M
Model	1D-/DT-	4048A	5548A
Model	3D-/DT-	4048A	5548A
Model	1D-/DT-	6050A	8060A
Model	3D-/DT-	6050A	8060A
Isolation Method	HERZ High-Precision Air Springs		
Resonant Frequency (Vertical)	1. 8~2.8 (DHR with 30kg load) / 2. 1.5~2.0 (DHR Model Only)		
Isolation Ratio	1. One (1) Air Valve for Manual Adjustment		
M Type Air Supply System	3 Air Valves for Manual Adjustment		
A Type Air Supply System	Air Compressor / Air Supply		
A Type Leveling Method	Auto-Leveling (3 Leveling Sensors included)		
A Type Leveling Method	Auto-Leveling (3 Leveling Sensors included)		
Top Plate Options	A. Non-flip Sheet, B. Ferro-Magnetic Stainless Steel, C. E-plate with tapped holes		
Top Plate Options	A. High-Diameter Finish, B. with Standoff for 3D, B. without Standoff for 3D, C. with Standoff for 3D, C. without Standoff for 3D		
Load Capacity	300kg (with 30kg load) / 700kg (1.600kg)		
System Feet	Extra-Rigid Insulator *1D Type only		
M Type Accessories	One (1) Level Pump, One (1) Schrader Valve Wrench, Instruction Manual		
A Type Accessories	3 inches of tubing (for connection to air supply), Instruction Manual		
※ External air supply for A Type models not included, Air compressor, Nitrogen tank, or air supply will need to have pressure of 0.2 ~ (max.) 0.3MPa.			
Herz carries stem air compressors. More information available upon request.			
※ Information and performance data in this catalog may change without notice.			



Herz Co. Ltd.

YCS Bldg. 18 FL, 5-1 Sakae-cho, Kanagawa-ku,
Yokohama-shi, Kanagawa-ken
TEL: 045-450-2211 FAX: 045-450-2221
e-mail: sales@herz-f.co.jp URL: www.herz-f.co.jp



Supporting the Measuring Environment

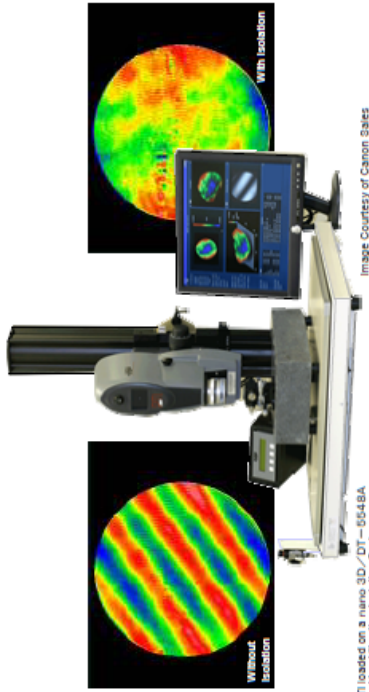
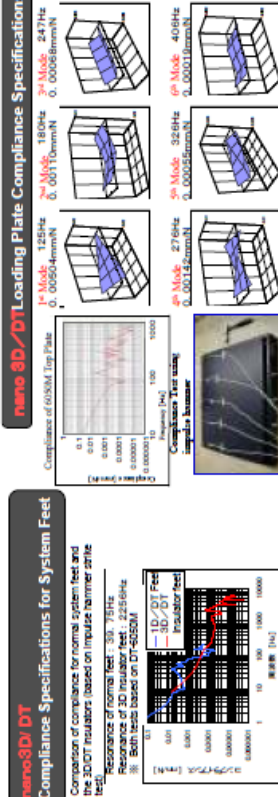


Image Courtesy of Canon Sales

PTI loaded on a nano 3D/DT-5548A Desktop Vibration Isolation System

nano 3D/DT Top Plate Damping Treatment

The progress of nano-level science and technology is relentless. So Hertz develops vibration isolation technology continually. In order to meet the needs of the next generation of instruments and applications, Hertz has developed its newest series, the 3D/DT, featuring high-damping technology and the ultra-high performance three-dimensional air spring.



Into the Nanotech Era.....

nano DT Desktop Vibration Isolation System

Hertz has developed the new nanoDT vibration isolation system over the past twenty years with the challenges of nanotechnology research in mind. The measuring environment of the nanotechnology era presents new challenges that require the latest in vibration isolation and vibration control. In response to this, Hertz has improved on the vertical isolation provided by the air spring system of the original DT system by developing a 360 degree horizontal isolation mechanism to produce the 3D/DT. After conducting modal analysis on the new damping feet and compliance tests on the mounting plate, we have changed the design of the DT to offer the most reliable desktop vibration isolation solution for the Nanotechnology Era.

nano 3D/DT Desktop Vibration Isolation System

The nano 3D/DTA and the 1D/DTA systems use an external air supply (air compressor, air supply, or nitrogen tank). The DT's air regulator ensures that the air pressure will be perfectly suited to the instrument that is being isolated. The three auto-leveling sensors maintain the system's horizontal position. The 3D/DTA features a damping mechanism that provides 360 degree horizontal isolation, high damping finish on the frame and mounting plate, and ultra-rigid damping feet. The 3D/DTA is the ideal vibration isolation solution for the Nanotechnology Era.



nano 3D/DT-4048A

nano 3D/DTM Desktop Vibration Isolation System



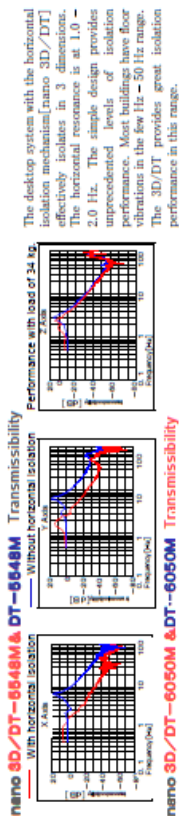
nano 1D/DT-6050M



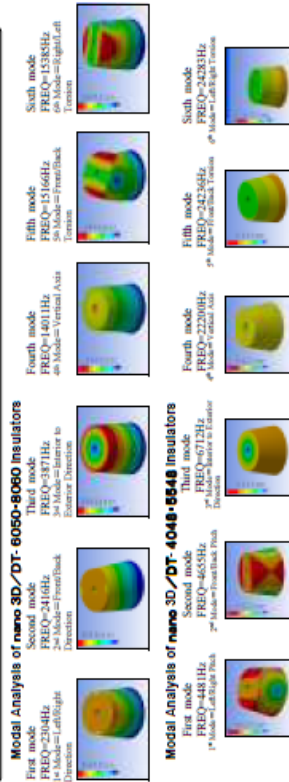
nano 3D/DT-6050M Tagged Mounting Plate

nanoDT-M comes standard with a manual hand pump. After the instrument is loaded on the system, use the pump and three air valves to supply the correct amount of air to make the table float evenly. There is no need for an external air supply so you can easily achieve a vibration free environment. The 3D/DTM comes standard with a high-damping finish on the frame and mounting plate that make it a simple, easy-to-use solution for the Nanotechnology Era.






Isolation Performance



Modal Analysis of nano 3D/DT Insulators (Created with ANSYS Workbench Products 7.0)



Anexo K. Aislamiento mecánico equipos de laboratorios.

 Serie 400 – la mejor para un excelente aislamiento de las vibraciones								
Las placas antivibratorias AirLoc de la serie 400 han sido especialmente concebidas para la sintonización a bajas frecuencias. Su excelente resistencia a gran variedad de sustancias químicas, lubricantes y carburantes garantiza una vida útil ilimitada. Un alto coeficiente de fricción y unas muy estrechas tolerancias de fabricación ofrecen una gran seguridad de aplicación y una óptima protección de sus valiosos equipos.								
No. pedido = no. artículo + índice	Campo de aplicación	Tipo	No. artículo	Espesor de placa mm	Carga daN/cm ²	Frecuencia propia con carga media (Hz)		
						vertical	horizontal	
	Aparatos sensibles afectados por vibraciones. Baja altura.	410 sin perfil	2.00100.____	10	2.5 – 10	50	6.5	
	Aislamiento de alta efectividad de aparatos sensibles afectados por vibraciones.	425 sin perfil	2.00425.____	25	2.5 – 7.5	22	4.5	
	Colocación en el piso de máquinas de producción, colocación de máquinas de medición.	B1 perfil bilateral	2.00132.____	13	1 – 5	21	6	
	Aislamiento pasivo de equipos sensibles, tales como aparatos de laboratorio y básculas.	B2 perfil bilateral	2.04202.____	26	1 – 5	14	5	
	Aislamientos de cimentaciones, aislamiento pasivo de aparatos y unidades sensibles.	B3 perfil bilateral	2.04203.____	39	1 – 5	10	4	
		B4 perfil bilateral	2.04204.____	52	1 – 5	9	3.5	
Margen de temperaturas -20 °C a +80°C Coeficiente de fricción 0.9 Dureza Shore 40 – 45° Shore A	Tamaños estándar de las placas Serie 400	Índice	L mm	b mm	sólo tipos 410 y 425			
	Otros tamaños disponibles en almacén a solicitud para todas las formas.	____,70	1000	500				
		____,71	500	500				
		____,72	500	250				
		____,76	250	250				
		____,80	200	200				
		____,85	125	125				
		____,86	100	100				
Para placas multicapa véase la pág. 12, «Juegos de placas». Para más información, visite nuestro sitio Web.								



Elementos de nivelación PRG

Los elementos de nivelación PRG están diseñados para la instalación sencilla, económica y segura de su máquina o unidad. La unión patentada entre el elemento y el tornillo de nivelación es inseparable, soporta altas cargas y, sin embargo, es capaz de compensar automáticamente desniveles del suelo de hasta 4°. El montaje sin necesidad de anclajes y la sencilla nivelación con amplia carrera de nivelación garantizan la máxima flexibilidad de su parque de maquinaria.

Solicite información sobre nuestras soluciones personalizadas para su máquina.

No. pedido = no. artículo + índice		El óptimo De máxima estabilidad. Excelente apropiada para máquinas o unidades ligeras que necesitan un contacto con el suelo predefinido.		El universal Gran seguridad de aplicación gracias a la elevada amortiguación. Excelente estabilidad gracias a alta adherencia al suelo.		El resistente Para aplicaciones con elevadas cargas estáticas. Excelente estabilidad de nivel y elevada estabilidad estructural. Muy buena eficiencia.			
Color: gris argenteado RAL 7001									
Otros colores a solicitud									
Equipamiento de placas Índice		405 _____43		705 _____58		905 _____73		Dimensiones	
Tipo	No. artículo	Carga daN	h max. mm	Carga daN	h max. mm	Carga daN	h max. mm	Ø mm	Tornillo nivelador
PRG 85	1.16085...	450	38	900	38	1350	38	85	G1
PRG 125	1.16125...	1000	51	2000	51	3000	51	125	G2
PRG 170	1.16170...	2000	51	4000	51	4500	51	170	G2
PRG 230	1.16230...	3800	51	6000	51	6000	51	230	G2

Tornillos de ajuste G1 y G2 para elementos de nivelación PRG

Anul galvanizado. Suministro incl. 1 tuerca dentada + 1 tuerca + 1 arandela con M10, M12, M16 o bien 2 tuercas + 2 arandelas con M20, M24.

Rosca	No. pedido G1	No. pedido G2	L mm	H mm	SW mm	
M10	9.55102		100	40	13	
M12	9.55122		100	41	13	
M16	9.551621		100	49	17	
M16		9.551622	100	52	19	
M20		9.55202	100	63	22	
M24		9.55242	100	74	24	

MOTOR DC REDUCTOR 24V 122 RPM CON ENCODER EMG49 S330105



EMG49 es un robusto motor de corriente continua de 24V y 122 revoluciones con 16 kg /cm que se caracteriza por incluir un encoder o codificador de cuadrante que manda un tren de impulsos cuando gira el eje del motor, permitiendo así que un circuito externo pueda saber la velocidad real a la que esta girando el eje y cuantas vueltas da. Este motor es de tamaño mediano por lo que está recomendado para robots medianos y grandes con pesos de entre 5 y 25 Kg. El encoder está formado por dos sensores de efecto hall que proporcionan un total de 588 pulsos por cada vuelta completa del rotor. El motor cuenta con condensadores internos de filtro que ayudan a minimizar el ruido y los parásitos generados por el motor al girar. El eje de salida es de 8mm de diámetro y encaja perfectamente en el casquillo de la rueda de 125 mm S360183. Existe un soporte especialmente diseñado para este motor S360301 que permite una sujeción sencilla y robusta a cualquier superficie. Características: Tensión nominal: 24V. Fuerza: 16 Kg/cm. Velocidad nominal: 122 rpm. Corriente nominal: 2100 mA. Velocidad sin carga: 143 rpm. Corriente sin carga: 500 mA. Corriente de parada: 13 A. Potencia nominal: 34,7 W. Pulsos por vuelta: 588 ppr. Longitud total: 124mm. Diámetro motor: 45mm. Diámetro Eje: 8mm. Longitud Eje: 19mm. Conexiones :Cable de 4 conductores de 300mm acabado en un conector tipo JST de 4 vías para el encoder y un conector Excon con paso 3,96 mm para la alimentación con cable de 300 mm. Circuito de control recomendado MD49: S310116

Anexo M. Imágenes de diseño de laboratorio móvil.



