

# CAPACIDAD TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA NACIONAL PARA LA FABRICACION DE COMPONENTES ESTRUCTURALES DE TRENES

ANDRES FELIPE MENDEZ

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2013

CAPACIDAD TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA NACIONAL PARA LA  
FABRICACION DE COMPONENTES ESTRUCTURALES DE TRENES

ANDRES FELIPE MENDEZ

Proyecto de grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico

Asesor:

GERMAN RENE BETANCUR GIRALDO  
Ingeniero Mecánico

ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
UNIVERSIDAD EAFIT  
MEDELLÍN  
2013

## CONTENIDO

		pág.
1	OBJETIVOS	8
1.1	OBJETIVO GENERAL	8
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
2	JUSTIFICACIÓN	9
3	MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	10
3.1	TIPOS DE TRENES	10
3.1.1	Ferrocarril.	10
3.1.2	Metro.	11
3.1.3	Tren ligero.	12
3.1.4	Tranvía.	13
3.1.5	Funicular.	14
3.2	COMPONENTES DE UN TREN DE TRACCION ELECTRICA	15
3.2.1	Pantógrafo.	15
3.2.2	Catenaria	17
4	COMPONENTES ESTRUCTURALES	20
4.1	BOGIE.	20
4.2	CAJA DEL VEHÍCULO	23
4.2.1	Ejemplo de fabricación de la caja de un tren de alta velocidad	28
4.2.2	Características del material de fabricación	35
5	ESTADO DEL ARTE DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES	43
5.1	RELACIÓN CON LOS PROVEEDORES.	43

5.2	ESTRATEGIAS Y CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES.	43
5.3	MÉTODOS DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES.	44
5.4	EVALUACIÓN DE PROVEEDORES	46
5.5	CONTROL DE LOS REGISTROS	46
5.6	INFORMACIÓN DE LAS COMPRAS	47
5.7	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PROVEEDORES	48
6	PERFIL DE PROVEEDORES	49
6.1	FORMATO ENCUESTA	50
6.2	RECOPIACIÓN DE DATOS	51
7	EVALUACION DE LA CAPACIDAD TÉCNICA Y OPERATIVA DE LAS EMPRESAS IDENTIFICADAS.	52
7.1	WEST ARCO	52
7.2	FERROSOLDA	53
7.3	SAGER COLOMBIA	53
7.4	LINCOLN ELECTRIC	54
8	CONCLUSIONES	55
	BIBLIOGRAFÍA	58

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Ferrocarril	11
Ilustración 2. Metro de Medellín	12
Ilustración 3. Tren ligero	13
Ilustración 4. Tranvía	13
Ilustración 5. Funicular	14
Ilustración 6. Semipantógrafo	16
Ilustración 7. Doble Pantógrafo	16
Ilustración 8. Pantógrafo	17
Ilustración 9. Catenaria convencional.	18
Ilustración 10. Catenaria Rígida.	19
Ilustración 11. Contacto con el tercer carril.	19
Ilustración 12. Bogie de un TGV	21
Ilustración 13. Esquema de bogie articulado y no articulado	22
Ilustración 14. Partes estructurales del tren	24
Ilustración 15. Proceso de fabricación	25
Ilustración 16. Bastidor rotado listo para soldar más componentes	26
Ilustración 17. Bastidor Completo	26
Ilustración 18. Extremos del vagón soldados en el bastidor	27
Ilustración 19. Laterales	27
Ilustración 20 Caja del vehículo	28
Ilustración 21 Estructura de la nariz	28
Ilustración 22. Proceso de plegado de un panel exterior	29
Ilustración 23. Finalización de los procesos de embarque	29
Ilustración 24. Interior de la estructura de la nariz	30
Ilustración 25. Todo el montaje del Bastidor	31
Ilustración 26. El Bastidor se transfiere a la siguiente etapa por grúas	31
Ilustración 27. Acabado interior	32
Ilustración 28. Acabado exterior	32

Ilustración 29. Interior de la estructura	33
Ilustración 30. Superficie de una estructura de techo de doble piel interior	34
Ilustración 31. Superficie exterior de una estructura de techo de doble piel completado	34
Ilustración 32. Una estructura final después de los procesos de embarque	35

## INTRODUCCIÓN

El ferrocarril es tal vez uno de los aportes más importantes al desarrollo de Colombia, ya que este ha permitido reducir costos del transporte y con esto el aumento en la movilización de las mercancías, el cual ha generado un crecimiento comercial. Se debe destacar que promediando el año 1914 durante la primera guerra mundial, uno de los principales agentes que influyó al crecimiento económico y en el esparcimiento del comercio nacional fue el transporte ferroviario, que a su vez generó un intercambio comercial más productivo y eficaz, trayendo consigo ventajas al comercio nacional. Utilizando este medio de transporte se logró reducir costos en transporte, con esto se logró impulsar el movimiento de productos, es aquí donde el transporte se convierte en prioridad para Colombia, debido a la necesidad de reducir distancias y bajar costos, no sólo en la movilidad de las personas sino también de productos, con el deseo siempre presente de aumentar la riqueza (Betancur Monsalve & Valencia, 2009).

Aunque la actividad ferroviaria esté en su mínima expresión y a pesar que las actuales generaciones no se hayan relacionado directamente con este referente, la construcción de las líneas ferroviarias está en la memoria de todo un país de manera profunda, y es así como está representada la huella de tal vez el mayor esfuerzo de Colombia para definir un proyecto de país “moderno” (Nieto, 2011).

# 1 OBJETIVOS

## 1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la capacidad tecnológica de la industria nacional para la fabricación de componentes estructurales de trenes.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Registrar el estado del arte alrededor de los componentes estructurales de trenes.
- Registrar el estado del arte alrededor de metodologías de selección y evaluación de proveedores.
- Establecer el perfil técnico requerido para la fabricación de componentes estructurales de trenes.
- Realizar un proceso de búsqueda de las potenciales empresas en el sector manufacturero que posean la capacidad de fabricación.
- Evaluar la capacidad técnica y operativa de las empresas identificadas.



## 2 JUSTIFICACIÓN

La situación actual de crisis energética y ambiental, genera grandes preocupaciones y demanda soluciones urgentes que ayuden a mitigar o disminuir el deterioro del ambiente y nuevas estrategias para responder a la escasez de los combustibles fósiles. El consumo de energía en el mundo ha aumentado significativamente desde 1992, y se predice un crecimiento del orden del 2% en el 2020. El mayor aumento de consumo de energía obtenida de combustibles fósiles, petróleo en este caso, se registra en el sector del transporte, marcado por un 95%, y se estima que el índice de aumento será del 1.5% por año en los países desarrollados y del 3.6% en países en vía de desarrollo. (un, 2002)

El 75% de las emisiones de gas de efecto invernadero son producidas por las actividades de quema de combustibles fósiles. De otro lado las energías “limpias”, como: energía hidroeléctrica, la geotérmica, la eólica, solar, y la obtenida de la biomasa; representan aproximadamente tan solo el 4,5% del total de la producción de energía. Por todas estas razones, resulta pertinente realizar estudios en pro de búsqueda de nuevos combustibles que suplan las necesidades energéticas actuales, que sean sostenibles a través del tiempo, renovables y con bajo impacto ambiental. (Cumbre de Johannesburgo, 2002)

El desarrollo de este proyecto exige conocimientos y habilidades adquiridas durante el pregrado de ingeniería mecánica en asignaturas como: diseño de máquinas, ciencia de los materiales, termodinámica, y transferencia de calor. Este proyecto le apunta a la sostenibilidad de la producción de biocombustibles como fuente generadora de energía limpia y renovable.

### 3 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Por tren designaremos a un conjunto de vehículos acoplados entre sí, de entre los cuales uno o más actúan a modo de locomotora o de unidad autopropulsada dirigiendo a toda la composición, la cual, circulando sobre una vía férrea, transporta viajeros, mercancías o presta servicios, en especial servicios turísticos (@EZKERRA, 2013).

#### 3.1 TIPOS DE TRENES

Hoy en día los trenes se dividen en dos categorías generales según su tecnología: los impulsados por un motor y aquéllos de impulso electromagnético, que aún se encuentra en fase experimental. Las locomotoras diésel son aquellas que utilizan como fuente de energía la producida por un motor de combustión interna de ciclo diésel, también los hay diésel - eléctricas e hidráulicas. Las locomotoras eléctricas utilizan como fuente de energía la energía eléctrica proveniente de una fuente externa, para aplicarla directamente a motores de tracción eléctricos. En esta nueva era ya no se usa el vapor ni el carbón como antiguamente eran empleados para tomar la energía de estos como combustible.

##### 3.1.1 Ferrocarril.

Es un medio de transporte a gran escala en vehículos con ruedas guiadas que se desplazan sobre raíles (rieles) paralelos y arrastrados por otro vehículo motor, denominado locomotora, que es donde se genera la energía necesaria para el movimiento del conjunto (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe).

Ilustración 1. Ferrocarril



@cpampa, 2012

### 3.1.2 Metro.

Se denomina metro (de ferrocarril metropolitano) a los “sistemas ferroviarios de transporte masivo de pasajeros” que operan en las grandes ciudades para unir diversas zonas de su término municipal y sus alrededores más próximos, con alta capacidad y frecuencia, y separados de otros sistemas de transporte.

Estos sistemas operan sobre distintas líneas que componen una red, deteniéndose en estaciones no muy distanciadas entre sí y ubicadas a intervalos generalmente regulares. El servicio es prestado por varias unidades de vagones eléctricos que circulan en una formación sobre rieles (@Comité de Metros.UITP, 2003).

Ilustración 2. Metro de Medellín



@cootrained, 2011

### 3.1.3 Tren ligero.

Traducción directa de *light rail*, es un sistema de transporte público guiado permanentemente por lo menos por un carril, operado en el entorno urbano, suburbano y regional con vehículos automotores y operados con o sin segregación de la carretera y el tráfico peatonal. Esta amplia definición abarca todas las formas posibles dentro de la continuidad entre un tranvía clásico (no segregado) y un metro (completamente segregado) (@UITP, 2013).

Ilustración 3. Tren ligero



@ Bustos, 2012

#### 3.1.4 Tranvía.

Técnicamente, el tranvía es un medio de transporte ferroviario urbano y eléctrico caracterizado por transportar a sus viajeros normalmente en superficie, y por las calles de una ciudad. El tranvía combina algunas características del ferrocarril con la accesibilidad del autobús urbano. (@ tramvia, 2006).

Ilustración 4. Tranvía



@ camare90, 2008

### 3.1.5 Funicular.

Un funicular es un sistema de transporte terrestre, de pasajeros en general, utilizado en terrenos de gran desnivel en el que dos vehículos conectados entre sí mediante un cable tractor, accionado por un procedimiento determinado, son guiados mediante raíles efectuando sendos movimientos de vaivén (ida-vuelta) en sentidos opuestos. (@Ezkerra J. B., 2004-2013)

Ilustración 5. Funicular



@ Garro, 2011

## 3.2 COMPONENTES DE UN TREN DE TRACCION ELECTRICA

Los trenes de tracción eléctrica están compuestos por componentes que le permiten que el tren se mantenga en contacto con las energía eléctrica y así poder generar movimiento. Algunos componentes importantes son:

### 3.2.1 Pantógrafo.

Es el aparato encargado de captar la corriente de línea. Su localización es el techo de la locomotora, aislado de ella mediante aisladores de porcelana. Existen varios tipos de pantógrafos como los son: Pantógrafo, semipantógrafo, doble pantógrafo, Semipantógrafo con doble mesilla. Sus principales componentes son:

- Bastidor de pantógrafo: Es el armazón que soporta el sistema articulado, los muelles y el pistón de aire comprimido del mecanismo de elevación del pantógrafo.
- Resorte: Mecanismo que hace que las mesillas y los frotadores en particular estén en contacto permanente con el hilo conductor.
- Mesillas: Son los elementos de captación directa de la corriente; constan de: zapata, frotadores y trocadores.
- Mecanismo de elevación: Formado por cilindro, muelles, resortes y válvulas que hacen ascender o descender las mesillas.
- Elementos de protección.
- Contactores
- Electroválvulas y servomotores
- Resistencias de arranque
- Elementos de mando y maniobra
- Dispositivos de seguridad.

En las Ilustración 6, 7 y 8 se muestran algunos tipos de pantógrafos utilizados en trenes.

Ilustración 6. Semipantógrafo



@ Klimov, 2008

Ilustración 7. Doble Pantógrafo



@TRENAK, 2013



Ilustración 8. Pantógrafo



@CPKIDS, 2013

### 3.2.2 Catenaria

Es una línea aérea de contacto tendida longitudinalmente sobre las vías que permite a los vehículos provistos de pantógrafo la captación de potencia eléctrica. Existen varios tipos de catenarias: Línea Tranviaria, Líneas de Trolebús, Catenaria aérea flexible, Catenaria aérea rígida. En la Ilustración 9 se muestra una Catenaria convencional (@ ECURED, 2013).

Ilustración 9. Catenaria convencional.



@ Miranda, 2009

- Catenaria Rígida.

Consiste fundamentalmente en un perfil de aluminio, con una zona en forma de mordaza para alojar el hilo de contacto de cobre, formando un conjunto de gran rigidez mecánica y elevada sección de paso de corriente. En la Ilustración 10 se muestra una catenaria rígida

Ilustración 10. Catenaria Rígida.



@ Targowa43, 2009

- Sistemas de electrificación por tercer carril.

El sistema consiste en utilizar un conductor en forma de perfil de acero laminado paralelo a la vía colocado sobre apoyos aislados, los cuales reposan en las traviesas de la vía. El vehículo, tiene un brazo, que al contactar con el tercer carril (al estar éste contención) cierra el circuito eléctrico. En la Ilustración 11 se observa una imagen del tercer carril (@GITEL, 2013).

Ilustración 11. Contacto con el tercer carril.



@FERROPEDIA, 2013

## 4 COMPONENTES ESTRUCTURALES

Los componentes estructurales hacen parte de un sistema los cuales están conectados entre sí para soportar una carga, en el diseño de una estructura se tiene en cuenta tanto la estética como la seguridad añadiendo la facilidad en el mantenimiento. Una vez diseñada la estructura, esta debe ser analizada para garantizar que maneje los parámetros necesarios.

En este capítulo se mostraran los componentes que hacen parte de la estructura de un tren.

### 4.1 BOGIE.

Es el sistema que proporciona el movimiento seguro del vehículo a lo largo de las vías. Este sistema incluye componentes tales como juegos de ruedas, suspensión elástica, frenos, tracción y los dispositivos para transmitir las fuerzas de tracción y frenado al cuerpo del vehículo. Sus principales funciones son:

- La transmisión y la distribución de la carga vertical de las ruedas del vehículo a los carriles
- Guiado del vehículo a lo largo de la vía
- Control de las fuerzas dinámicas debidas al movimiento por irregularidades del carril, en curvas, agujas y después de impactos entre vehículos
- Amortiguación eficaz de movimientos oscilatorios
- Aplicación de las fuerzas de tracción y frenado(Roca)

En la ilustración 12 se observa un bogie utilizado en el tren de alta velocidad, TGV, uno de los más rápidos del mundo.

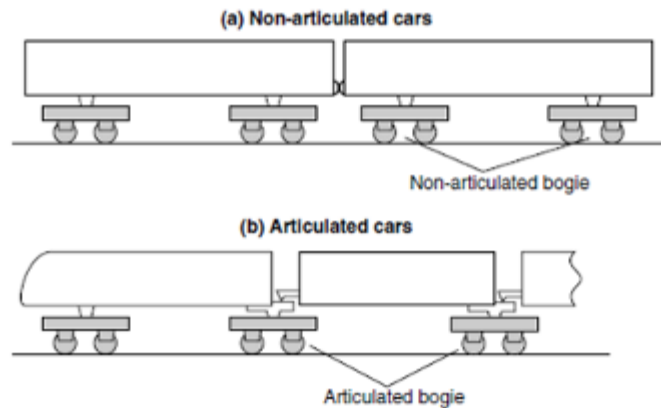
Ilustración 12. Bogie de un TGV



@ railway-technology,SA

Los diseños más comunes de vehículos de pasajeros utilizan un par de bogies de dos ejes en cada vehículo. Sin embargo, en los trenes articulados, como por ejemplo los TGV franceses, se sitúan bogies de dos ejes entre las cajas de dos vehículos, mientras que los trenes Talgo españoles utilizan bogies de eje simple articulado. La ilustración 13 muestra el esquema de un bogie articulado y no articulado.

Ilustración 13. Esquema de bogie articulado y no articulado



@Okomoto, 1998

- Bogie No Articulado

Los trenes no articulados muestran una conexión flexible con un comportamiento más aleatorio en las colisiones.

- Bogie Articulado

Los trenes articulados muestran una conexión rígida y desempeño integral en las colisiones, pero con menos capacidad para absorber la energía del impacto entre vehículos. Poseen una estructura con un difícil mantenimiento debido a su compleja estructura, además de ejercer una mayor carga por eje. Dentro de sus ventajas se encuentra, un centro de gravedad más bajo, mayor confort y menor generación de ruido debido a que las sillas de los pasajeros no se encuentran sobre los bogies.

## 4.2 CAJA DEL VEHÍCULO

En un principio se utilizaba madera para la construcción de la caja del vehículo. Un poco después se adoptaron materiales de acero, buscando mejorar la seguridad contra incendios y colisiones. Sin embargo, al tratarse de materiales de acero normales tendían a corroerse después del uso continuo durante un largo período de tiempo, por esto hacían estructuras de grandes espesores las cuales finalmente también tenían que ser reparadas. Para eliminar la corrosión y mejorar estos inconvenientes, desarrollaron la construcción con aleaciones ligeras como lo son las aleaciones de aluminio, inicialmente solo se utilizaban en los paneles exteriores de los vagones en pequeños teleféricos y telecabinas, ya que su costo era alto y requería alta tecnología para ser procesada. Los primeros prototipos construidos con este material se crearon antes de la segunda guerra mundial, pero en posguerra se utilizó duraluminio debido a los escasos de materiales.

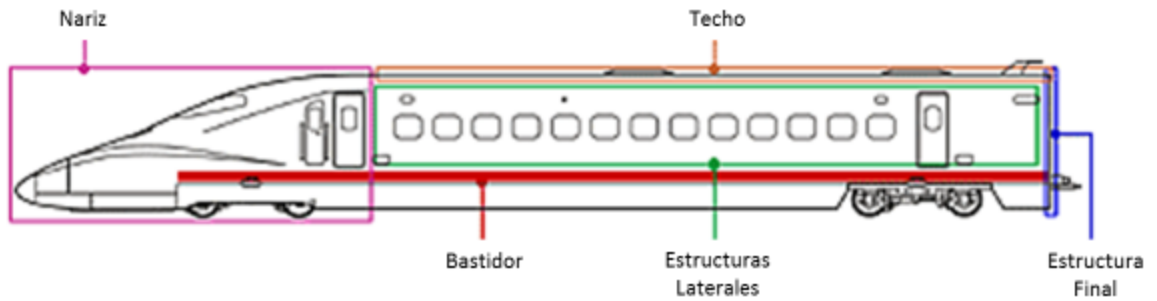
En la actualidad se tiende a utilizar éstas aleaciones ligeras, que permiten la fabricación de perfiles extruidos de formas complejas, reduciendo el número de uniones y tipo de construcción, además, el peso de un tren fabricado con aleaciones de aluminio pesa la mitad que uno hecho en acero, lo que reduce el peso de todo el tren entre un 10 y 15%. Estas aleaciones también son utilizadas en la fabricación de aviones, ya que tiene un tercio de gravedad específica e igual resistencia que el acero.

Para la fabricación de estructuras también se utilizan aceros inoxidable, utilizando perfiles y chapas de espesores muy reducidos, unidos entre sí mediante soldadura por puntos. Con la aparición de aceros inoxidables que no pierden sus propiedades con la soldadura continua, también se utiliza la misma técnica en la construcción con aceros al carbono. (Mantaras, 2003)

Actualmente las aleaciones de aluminio son utilizadas para fabricar trenes subterráneos, expresos y trenes de alta velocidad como lo es el Shinkansen que, como lo muestra la ilustración 14, se compone aproximadamente de 6

estructuras, la estructura de la nariz, la estructura sub-marco, las estructuras laterales (izquierda y derecha), la estructura de techo y una estructura final. Los beneficios de un tren fabricado en aleación de aluminio son: su larga duración, su ligereza y el mantenerse libre de mantenimiento.

Ilustración 14. Partes estructurales del tren



@ khi, 2013



Ilustración 15. Proceso de fabricación

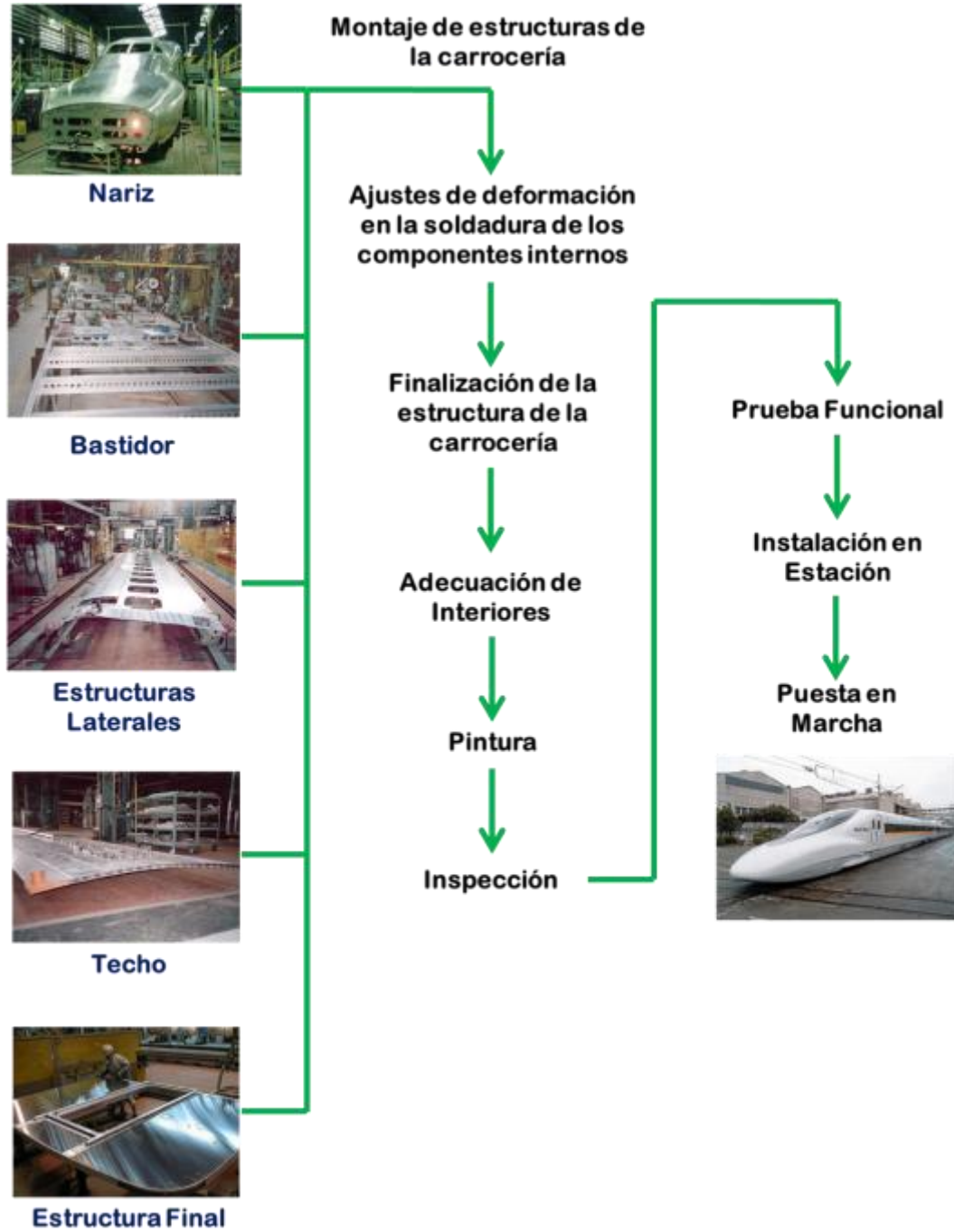


Ilustración 16. Bastidor rotado listo para soldar más componentes



@railway-technical, 2013

Ilustración 17. Bastidor Completo



@ railway-technical, 2013

Una vez terminado el bastidor, continúa su recorrido por las diferentes plantillas para soldar los componentes faltantes tales como los laterales, parte trasera y delantera y finalmente el techo.

Ilustración 18. Extremos del vagón soldados en el bastidor



@ railway-technical, 2013

Ilustración 19. Laterales



@ railway-technical, 2013

Ilustración 20 Caja del vehículo



@ railway-technical, 2013

#### 4.2.1 Ejemplo de fabricación de la caja de un tren de alta velocidad

##### 4.2.1.1 Proceso de ensamble de la nariz del vehículo

En primer lugar se fabrican plantillas como base para la estructura de la nariz, a continuación, su marco se ensambla a ellos. En la Ilustración 21 se muestra como es ensamblada la nariz en el marco.

Ilustración 21 Estructura de la nariz



@ khi, 2013

Cada panel exterior está soldado al marco después de procesos de plegado. En la Ilustración 22 se observa el plegado de un panel frontal

Ilustración 22. Proceso de plegado de un panel exterior



@ khi, 2013

En la Ilustración 23 se muestra los paneles soldados a la estructura.

Ilustración 23. Finalización de los procesos de embarque



@ khi, 2013

En la Ilustración 24 se observa el interior de la caja del vehículo

Ilustración 24. Interior de la estructura



@ khi, 2013

Algunas características que posee este proceso son:

- La mayor parte de las estructuras de la nariz se ensamblan a mano
- Los paneles exteriores se doblan en prensa
- Formas complicadas se forman a mano con martillos.

4.2.1.2 Proceso de Producción del Techo, Estructuras laterales, Bastidor y Estructura final

En la Ilustración 25 se muestra el proceso de montaje del bastidor

Ilustración 25. Todo el montaje del Bastidor



@ khi, 2013

En la Ilustración 26, se muestra como el bastidor es trasladado con grúas para ser acoplado con otras estructuras del tren.

Ilustración 26. Traslado del bastidor



@ khi, 2013

En la Ilustración 27 se observa como es el proceso de producción de una de las partes laterales de la caja del vehículo.

Ilustración 27. Acabado interior



@ khi, 2013

En la Ilustración 28, se muestra una estructura lateral vista por su parte exterior y lista para ser soldada con otras estructuras

Ilustración 28. Acabado exterior



@ khi, 2013



En la Ilustración 29 se muestra la estructura interior de los paneles laterales. Como se observa la estructura es semi hueca pero con unas características de resistencia buenas.

Ilustración 29. Interior de la estructura



@ khi, 2013

#### 4.2.1.3 Proceso de producción del Techo

En las dos siguientes Ilustración 30 y 31 se tiene el techo del vehículo nuevamente con una estructura interior semi hueca, de doble capa interior.

Ilustración 30. Superficie de una estructura de techo de doble piel interior



@ khi, 2013

Ilustración 31. Superficie exterior de una estructura de techo de doble piel completado



@ khi, 2013

#### 4.2.1.4 Proceso de producción de una estructura de extremo

En la Ilustración 32, se muestra una imagen donde se aprecia el proceso de fabricación de la parte trasera de la caja del vehículo.

Ilustración 32. Una estructura final después de los procesos de embarque



@ khi, 2013

#### 4.2.2 Características del material de fabricación

Después de la investigación realizada, se encontró que el material indicado para la construcción de la caja del vehículo de un tren, es el aluminio ya que este posee características que favorecen el desempeño de este tipo de vehículos.

##### 4.2.2.1 Aluminio

Las principales propiedades que hacen del aluminio un material valioso son su ligereza (en torno a un tercio del peso del cobre y el acero), fortaleza, resistencia a

la corrosión, es excelente conductor de electricidad y calor, magnífico reflector de luz, no es magnético, ni tóxico, pero sí muy maleable, fácil de ensamblar y con un atractivo aspecto natural, y además es reciclable 100% indefinidamente.

La variedad de aplicaciones del aluminio aumenta constantemente y es esencial en nuestra vida cotidiana. El sector del transporte absorbe más de la cuarta parte del aluminio que se produce. Desde sus orígenes es indispensable para la industria aeroespacial debido a su ligereza, pero el aluminio es cada vez más utilizado en coches, autobuses, camiones, trenes, barcos, ferris, aviones y bicicletas. Un tren de aluminio aporta un ahorro de energía del 87% a lo largo de los 40 años de vida media, en comparación con los trenes fabricados con metales más pesados. (Acebes, 1999).

Tabla 1. Propiedades del aluminio puro

<b>Características del Aluminio Puro</b>	
Abundancia en la corteza terrestre	8,13%
Densidad	2,699 g/cm <sup>2</sup>
Punto de fusión	660,2 °C
Punto de ebullición	2 057 °C
Calor específico a 0 grados	0,210 cal/°C
Calor latente de fusión	94,4 cal/g
Dilatación lineal por grado de temperatura	24x10 <sup>-6</sup>
Resistividad eléctrica a 20 °C	2,63 ohm.cm
Conductividad eléctrica a 20 °C (IACS=100)	63,8%
Módulo de elasticidad	6 700 kg/mm <sup>2</sup>
Carga de ruptura	20 kg/mm <sup>2</sup>

#### 4.2.2.2 Aleaciones de aluminio

Con el fin de mejorar las propiedades del aluminio mencionadas en la

Tabla 1. Propiedades del aluminio puro, se han desarrollado una serie de aleaciones con diversos metales como el cobre, magnesio, manganeso y zinc por lo general, en combinaciones de dos o más de estos elementos junto con hierro y silicio, obteniéndose una infinidad de aleaciones para una gran variedad de aplicaciones incluso con características superiores al acero. (ALUMINIOS PFK, SA)

A continuación en Tabla 2. Clasificación de los aluminios según su aleación Tabla 2 se muestran la clasificación de los aluminios según La *Aluminium Association Inc.- AAI*,

Tabla 2. Clasificación de los aluminios según su aleación

Serie 1000:	Aluminio con un mínimo de pureza de 99%
Serie 2000:	Aleado con Cobre
Serie 3000:	Aleado con Manganeso
Serie 4000	Aleado con Silicio
Serie 5000:	Aleado con Magnesio
Serie 6000:	Aleado con Silicio - Magnesio
Serie 7000:	Aleado con Zinc.

(ALUMINIOS PFK, SA)

En la Tabla 3 se muestran las diferentes propiedades que el aluminio puede adquirir según su aleación.

Tabla 3. Características de las Aleaciones de aluminio

<b>Serie</b>	<b>Características</b>
Serie 1000:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta resistencia a la corrosión</li> <li>• No tóxico</li> <li>• Excelente acabado</li> <li>• Excelente maleabilidad</li> <li>• Alta conductividad eléctrica y térmica</li> <li>• Excelente reflectividad</li> </ul>
Serie 2000:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta resistencia mecánica</li> <li>• Alta resistencia a la corrosión</li> <li>• Buena maquinabilidad</li> </ul>
Serie 3000:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena resistencia mecánica</li> <li>• Alta resistencia a la corrosión</li> <li>• Buena maleabilidad</li> </ul>
Serie 4000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta resistencia al calor</li> </ul>
Serie 5000:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena resistencia mecánica</li> <li>• Alta resistencia a la corrosión, especialmente al agua de mar</li> <li>• Muy buena soldabilidad</li> </ul>
Serie 6000:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena resistencia mecánica</li> <li>• Buena resistencia a la corrosión</li> <li>• Buena maquinabilidad</li> <li>• Buena soldabilidad</li> </ul>
Serie 7000:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta resistencia mecánica</li> <li>• Buena maquinabilidad</li> </ul>

(ALUMINIOS PFK, SA)

#### 4.2.2.3 Aleación Serie 6000

Según las propiedades que nos ofrecen las diferentes aleaciones de aluminio, la que mejor características posee para la elaboración de la caja del vehículo es la Serie 6000, una aleación con buenas características en resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, maquinabilidad y soldabilidad. Esta combinación de propiedades asegura un bajo mantenimiento de la estructura por problemas de corrosión y una estructura sólida y compacta. La Serie 6000 posee diferentes tipos de aleaciones como los son 6005, 6060, 6061, 6063, 6082 y finalmente la 6101. Aunque todos se encuentran en la misma serie y sus aleaciones son las mismas, lo que hace la diferencia entre ellas es el porcentaje que posee de cada componente, ya que al variar sus cantidades también varían sus propiedades.

En la Ilustración 33, se especifican los diferentes agentes que componen el grupo de la aleación serie 6000 con sus principales características y aplicaciones, se puede observar que la aleación que posee mejores características para el objeto de estudio es la aleación de aluminio serie 6005, pues esta aleación es utilizada industrialmente en la fabricación de estructuras de autobuses y vagones de ferrocarril.

Ilustración 33 Propiedades Aleación Serie 6000

Grupo 6000	Principal metal aleado	Principales características en estado T5			Aplicaciones más comunes en productos extruidos (Perfiles) y en productos laminados para Arquitectura
6005	Silicio Magnesio	-Carga rotura 26 Kg/mm <sup>2</sup> -Límite elástico 23 Kg/mm <sup>2</sup> -Alar. A5,65% 13 -Soldadura MB	-Mecanizado R -Resist. corrosión B -Anodizado B -Lacado B	-Especial para perfiles que necesiten características super. a la 6003. -Postes eléctricos e Industrias eléctricas en general. -Estructuras de Ingeniería. -Estructuras de autobuses y vagones de ferrocarril.	
6060	Silicio Magnesio	-Carga rotura 22 Kg/mm <sup>2</sup> -Límite elástico 18 Kg/mm <sup>2</sup> -Alar. A5,65% 13 -Soldadura B	-Mecanizado R -Resist. corrosión B -Anodizado MB -Lacado MB	-Electrónica, Disipadores de calor, Carcasas de motores. -Elementos para maquinaria. -Remaches. -Carrocerías de camión.	
6061 T6	Silicio Magnesio	-Carga rotura 30 Kg/mm <sup>2</sup> -Límite elástico 26 Kg/mm <sup>2</sup> -Alar. A5,65% 14 -Soldadura B	-Mecanizado M -Resist. corrosión B -Anodizado R -Lacado B	-Fabricación de moldes, troqueles, piezas para maquinaria. -Vagones de ferrocarril. -Estructuras de camiones. -Piezas para bicicletas. -Aplicaciones aeroespaciales. -Vehículos ultraligeros.	
6063	Silicio Magnesio	Ver en el apartado siguiente.			-Es la más utilizada en perfiles para Sistemas de Carpintería.
6082	Silicio Magnesio	-Carga rotura 32 Kg/mm <sup>2</sup> -Límite elástico 27 Kg/mm <sup>2</sup> -Alar. A5,65% 11 -Soldadura B-MB	-Mecanizado M -Resist. corrosión B -Anodizado B -Lacado B	-Estructura para automóviles. -Sistemas hidráulicos. -Tornillería, remaches. -Andamios y estructuras para carpas y pabellones. -Bicicletas.	
6101 T6	Silicio Magnesio	-Carga rotura 32 Kg/mm <sup>2</sup> -Límite elástico 27 Kg/mm <sup>2</sup> -Alar. A5,65% 11 -Soldadura B-MB	-Mecanizado M -Resist. corrosión B -Anodizado B -Lacado B	-Manguitos de unión de cables eléctricos y bridas. -Barras de conexión.	

MB=muy buena B= Bueno R=Regular M=Malo

(Anexpa, SA)



#### 4.2.2.4 Aleación de aluminio 6005

Este tipo de aleación tiene un buen desempeño y es buena contra la corrosión atmosférica, del agua y de la tierra. Puede ser usada en atmósferas industriales y en la costa sin protección, puede soldarse por todos los procedimientos conocidos MIG y TIG. (extrusax, SA)

En la Ilustración 34, se muestra los diferentes componentes químicos que conforman esta aleación. Se destacan el magnesio y el silicio como principales aleantes.

Ilustración 34 composición química

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr	otros elementos		Al
									uno	total	
Min.	0.58	0.18	0.10	0.12	0.53	-	-	-	-	-	Balance
Max.	0.63	0.22	0.20	0.20	0.58	0.02	0.02	0.08	0.02	0.10	

(extrusax, SA)

#### 4.2.2.5 Proceso de soldadura para aleación de aluminio

Las aleaciones de aluminio se sueldan al arco, bajo atmósfera inerte (argón, helio o una mezcla de los dos) y hay dos técnicas:

- Soldadura al arco bajo atmósfera inerte con electrodo refractario o procedimiento TIG (*Tungstène Inert Gas*). En este procedimiento se hace saltar un arco eléctrico entre un electrodo refractario de tungsteno y la pieza a soldar, mientras que un chorro de gas inerte, generalmente argón, rodeando el electrodo, protege el baño de fusión contra la oxidación. Una

varilla de aportación sujeta con la mano alimenta el baño de fusión. Este procedimiento utiliza una fuente alimentada por corriente alterna.

- Soldadura al arco bajo atmósfera inerte con electrodo consumible o procedimiento MIG (*metal inert gas*). En este procedimiento de soldadura, el aluminio o la aleación de aluminio sirve a la vez de electrodo y de metal de aportación. Este se suministra en hilo previamente enrollado en una bobina, el cual se desenrolla automáticamente hasta la herramienta de soldadura (pistola) a medida que se consume. La energía para la soldadura se suministra por una fuente de corriente continua. La conexión se efectúa con polaridad inversa (-) en la pieza para asegurar a la vez el decapado y la fusión del hilo del electrodo (alu-stock, SA)

#### 4.2.2.5 Proceso de inspección de la soldadura

Luego de aplicar la soldadura, esta debe ser sometida a procesos de inspección por medio de los cuales se verifique la calidad de la misma, corroborando la calidad y las características que posee. La realización de este proceso es fundamental para garantizar que la soldadura no tenga ningún tipo de imperfección, porosidades, grietas o este aplicada inadecuadamente. Dependiendo del proceso o de la finalidad del objeto soldado se recomiendan hacer estas inspecciones. En el caso de la estructura de un tren, la caja del vehículo, es recomendado aplicar inspección, pues es una estructura que viaja a grandes velocidades y es sometida a múltiples esfuerzos, además de transportar vidas humanas, las cuales no pueden ser puestas en riesgo bajo ningún motivo. Las inspecciones realizadas a la soldadura son conocidas como:

- Pruebas no destructivas (PND)
  - Examen Radiográfico (RT)

- Examen visual (VT)
- Examen de líquidos penetrantes(PT)
  
- Pruebas mecánicas
  - Pruebas de tracción
  - Ensayos de dobles guiado
  - Ensayo de impacto
  - Ensayo de soldadura de filete
    - Pruebas de fractura
    - Macro ataque

## 5 ESTADO DEL ARTE DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES

Existen varias etapas que se deben llevar a cabo para una correcta selección de proveedores. A continuación se muestran los pasos a seguir.

### 5.1 RELACIÓN CON LOS PROVEEDORES.

Es de gran importancia tener una buena relación con los proveedores que conlleve a tener ventajas competitivas, convirtiéndolos en aliados estratégicos que ayuden al mejoramiento continuo. La idea es llegar al punto que la estrategia empresarial del proveedor se alinee con la estrategia del cliente y se convierta en un socio clave para la competitividad.

### 5.2 ESTRATEGIAS Y CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES.

Para la selección de proveedores se deben tener en cuenta criterios como costos, calidad, disponibilidad, plazos de entrega y servicios. Adicionalmente se deben

considerar las prácticas de gestión, el manejo de la calidad, fortalezas financieras, niveles de tecnología e innovación y capacidad para trabajar en esquemas colaborativos. Es muy complejo decidir qué aspectos son más o menos importantes a la hora de tomar una decisión, esto depende del producto el cual se vaya a adquirir. En algunos casos predomina el costo por encima de la calidad. Es aquí donde una buena relación con los proveedores juega un papel importante, pues se puede llegar a reducir costos, mejorar la calidad y desarrollar nuevos productos con una alianza estratégica entre cliente-proveedor.

### 5.3 MÉTODOS DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES.

Una vez definidos los criterios de selección de proveedores, se selecciona el proveedor mediante algún método determinado. Según el método escogido, se puede incrementar la eficiencia de la decisión de compra. Los métodos de selección se dividen en dos grupos: métodos de precalificación y métodos de elección final.

- Método de precalificación.

Se reduce la base de proveedores con el fin de filtrarla y obtener un grupo más pequeño de posibles proveedores. Los métodos utilizados son:

- ✓ Métodos categóricos: El método evalúa a los proveedores a partir del análisis cuantitativo de información histórica y la experiencia previa que haya tenido la empresa u otros compradores con el proveedor. Consiste en categorizar el desempeño de los proveedores en criterios calificados como positivos, neutrales o negativos. Después de asignar una calificación a cada uno de los criterios, el comprador procede a tomar una decisión final.

- ✓ Técnicas difusas: Es una de las mejores herramientas para trabajar con datos no exactos o información imprecisa que no se puede describir en expresiones cuantitativas convencionales. Generalmente estas variables se expresan como “muy poco”, “poco”, “medio”, “alto”, “muy alto”, entre otros.
  - ✓ Análisis envolvente de datos: Este proceso permite clasificar a los proveedores como proveedores eficientes o ineficientes. Las alternativas se evalúan en términos de la relación costo-beneficio. La eficiencia se mide a partir del valor que abarca desde la suma promedio de los beneficios hasta los valores de los criterios de costos.
  - ✓ Razonamiento basado en casos: Se define como un sistema de software administrado por una base de datos que recopila información relevante de procesos de decisión y evaluación de situaciones o casos sucedidos con anterioridad. Así, el responsable de la toma de decisiones se puede apoyar en información útil y en experiencias de situaciones conocidas.
  - ✓ Método *AnalyticalHierarchy Process*: Es un método de ayuda en la toma de decisiones del tipo multicriterio, que genera prioridades numéricas a partir de criterios subjetivos y las organiza en matrices de comparación pareada, con el fin de examinar la mejor combinación de factores cualitativos para la evaluación de proveedores. (William Ariel Sánchez, 2009)
- Métodos de decisión final.

Una vez se obtiene una primera aproximación a la decisión final, es necesario realizar un proceso que permita llegar a la decisión definitiva a partir del uso de algún procedimiento o la utilización de alguna técnica más exacta. Los modelos de optimización más aplicados en la selección de proveedores son (William Ariel Sánchez, 2009):

- ✓ Modelos de programación matemática lineal y no lineal
- ✓ Modelos de programación entera mixta
- ✓ Modelos de programación meta
- ✓ Modelos de programación multiobjetivo
- ✓ Programación multiobjetivo.

#### 5.4 EVALUACIÓN DE PROVEEDORES

El tipo y el grado del control aplicado al proveedor y al producto adquirido deben depender del impacto del producto adquirido. La organización debe evaluar y seleccionar los proveedores en función de su capacidad para suministrar productos de acuerdo con los requisitos de la organización. Deben establecerse los criterios para la selección, la evaluación y la re-evaluación. Deben mantenerse los registros de los resultados de las evaluaciones y de cualquier acción necesaria que se derive de las mismas.

#### 5.5 CONTROL DE LOS REGISTROS

Los registros establecidos para proporcionar evidencia de la conformidad con los requisitos así como de la operación eficaz del sistema de gestión de la calidad deben controlarse. La organización debe establecer un procedimiento documentado para definir los controles necesarios para la identificación, el almacenamiento, la protección, la recuperación, la retención y la disposición de los registros. Los registros deben permanecer legibles, fácilmente identificables y recuperables.

## 5.6 INFORMACIÓN DE LAS COMPRAS

La información de las compras debe describir el producto a comprar, incluyendo, cuando sea apropiado:

- Los requisitos para la aprobación del producto, procedimientos, procesos y equipos
- Los requisitos para la calificación del personal
- Los requisitos del sistema de gestión de la calidad.

La organización debe asegurarse de la adecuación de los requisitos de compra especificados antes de comunicárselos al proveedor. (9001:2008 & 7.4., 2008-11-18).

Algunos aspectos que generalmente se tienen en cuenta a la hora de evaluar a los proveedores son:

- Experiencia pertinente
- Desempeño de los proveedores en relación con los competidores
- Requisitos de calidad del producto, precio, entrega y repuesta a los problemas
- Capacidad potencial para proporcionar los productos requeridos, en las condiciones requeridas
- Evaluación financiera para asegurar la viabilidad del proveedor durante todo el período de suministro
- Respuesta del proveedor a consultas, solicitudes de presupuestos y de ofertas
- Cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios pertinentes

## 5.7 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PROVEEDORES

Es importante definir criterios que verifiquen el adecuado desempeño de los proveedores tales como:

- Análisis de los plazos de entregas: se verifica si el producto o servicio comprado está disponible en el momento acordado, ni antes ni después
- Cumplimiento de estándar de especificaciones técnicas: se comprueba si el producto o servicio comprado alcanza el estándar exigido
- Calidad del servicio que presta: se analiza si la gestión del proveedor ocasiona o no inconvenientes, cómo responde a reclamos o solicitudes, etc.
- Confiabilidad: demostración de que lo suministrado es confiable repetitivamente. (@ calidad-gestion, 2011)



## 6 PERFIL DE PROVEEDORES

En este capítulo se describe la evaluación técnica realizada a los diferentes proveedores, los cuales estarían interesados en la fabricación de la caja del vehículo un tren.

Para esto se diseñó una encuesta la cual busca recopilar información necesaria que genere un perfil de cada uno de los potenciales fabricantes, una vez obtenidas las características de cada uno de ellos, se puede determinar si cumplen con los requisitos y tienen la capacidad de soldar una estructura de un tren fabricado en aleación de aluminio, ya que de esta aleación están fabricadas la mayoría de las cajas de trenes de bajo peso.

Para generar un filtro entre las empresas encontradas en el país se generó un perfil con el fin de encontrar los proveedores más indicados para el procedimiento necesitado, soldadura para aleación de aluminio, dentro de los requisitos solicitados se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- **Ubicación:** Se requieren empresas ubicadas en Colombia ya que el objetivo es encontrar la capacidad de la industria local para realizar este procedimiento.
- **Calidad:** Se requiere que la empresa realice control de calidad de sus procesos, ya que esto genera confianza en la calidad del trabajo y así le brinda tranquilidad al cliente en el producto recibido
- **Servicio:** Se requiere que la empresa posea la capacidad para realizar el proceso solicitado.
- **Desarrollo:** se evaluara la experiencia que la empresa posee, así mismo como el área industrial que han trabajado, además de poseer un laboratorio de ensayos, pues esto demuestra el manejo de control de calidad.

## 6.1 FORMATO ENCUESTA

### **Ubicación**

1. La empresa se encuentra ubicada en Colombia

Si No ¿Dónde?

### **Calidad**

2. En la compañía hacen control de calidad

Si No ¿De qué tipo?

### **Servicio**

3. Poseen soldadura tipo TIG

Si No

4. Poseen soldadura tipo MIG

Si No

5. ¿Pueden realizar soldadura para aleaciones de aluminio?

Si No

### **Desarrollo**

6. ¿Cuánto tiempo tiene la empresa en el mercado trabajando con soldadura?

\_\_\_\_\_ Años

7. ¿Cuentan con laboratorio de inspección propio?

Si No

8. En cuales sectores de la industria ha realizado trabajos de soldadura

### Fin de la encuesta

## 6.2 RECOPIACIÓN DE DATOS

En la Tabla 4, se encuentra la información de los proveedores que cumplen con el perfil seleccionado.

Tabla 4 Información proveedores

<b>NOMBRE DE LA EMPRESA</b>	<b>CIUDAD</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>TELÉFONO</b>	<b>PERSONA DE CONTACTO</b>
Ferresolda Ltda.	Bogotá	Carrera 32 No 9 - 45	360 9312	Ricardo Zambrano
Sager Colombia	Cali	Calle 25 No. 1N-65	888 1288	Alexander Ayala
Westarco	Medellín	Carrera 42 Autopista Sur # 54A - 71 L. 132	372 9170	Edier Chica
Lincoln soldaduras de Colombia, Ltda.	Bogotá	Cr 66A N 10-84	247-0585	Liliana Gonzales

## 7 EVALUACION DE LA CAPACIDAD TÉCNICA Y OPERATIVA DE LAS EMPRESAS IDENTIFICADAS.

### 7.1 WEST ARCO

Es una empresa con 55 años de experiencia en el mercado, la cual posee laboratorio de inspección propio acreditado por la ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia), donde se realizan las pruebas a los procedimientos de soldadura, posibilitando así realizar el control de calidad a sus productos y servicios. Dentro de sus certificaciones se encuentran las normas ISO 9001 e IQNET para la fabricación y comercialización de electrodos y alambres para soldadura, American Bureau of Shipping (ABS) y Lloyds Register of Shipping, WEST ARCO audita el sistema de calidad de Soldaduras, verificando que cumplan con los requisitos exigidos por las normas AWS (American Welding Society) y finalmente ICONTEC. Esta empresa posee la capacidad para realizar soldadura con aleaciones de aluminio. Entre los trabajos destacados se encuentran Hidroeléctricas, termoeléctricas, proyectos petroleros, minería, estructuras, entre otros.

Actualmente la empresa presta los siguientes servicios:

- Asesoría en la selección y utilización de consumibles
- Asistencia técnica especializada con inspectores calificados y certificados.
- Asesoría y suministro de máquinas y accesorios para soldar
- Asesoría y acompañamiento en la modernización de procesos productivos que involucren unión y corte de materiales.
- Capacitación especializada y calificación de procedimientos y soldadores a través del Instituto de soldadura.

- Centro de servicio para diagnóstico, revisión, calibración y mantenimiento de máquinas para soldar
- Laboratorio para la realización de ensayos mecánicos y químicos.
- Centro de aplicaciones especializado para brindar soluciones a la industria pesada

## 7.2 FERROSOLDA

Actualmente esta empresa cuenta con 30 años de experiencia en procesos de soldadura y posee la capacidad de aplicar soldadura de aluminio. Esta empresa realiza control de calidad en sus procesos con una empresa externa la cual verifica las características del producto dependiendo de lo que requiera el cliente. Dentro de las áreas más importantes en las cuales cuenta con trabajos realizados se encuentran: Automotriz, Hidroeléctrica, Minería, Aeronáutica entre otras.

FERROSOLDA ofrece servicios de reparación y fabricación de piezas para el sector industrial, mediante procesos de soldadura, mecanizado y metalización. Es una empresa que trabaja con materias primas certificadas, lo cual significa confiabilidad en los trabajos.

En esta empresa el personal de trabajo se encuentra capacitado brindando así la mejor calidad.

## 7.3 SAGER COLOMBIA

SAGER COLOMBIA posee 50 años de experiencia en procesos de soldadura. Esta ha desempeñado trabajos en el área Minera, Cementera, Ladrillera, Azucarera, Petrolera, Papelera y de Cartón entre otras.

Es una empresa que realiza control de calidad a su proceso de soldadura, pues cuenta con un laboratorio para realizar inspecciones de sus procesos, en este laboratorio se puede realizar pruebas destructivas y no destructivas.

SAGER COLOMBIA cuenta con la posibilidad de aplicar soldadura especializada.

La soldadura que utiliza es EUTECTIC+CASTOLIN, la cual es la marca más reconocida a nivel mundial de soldaduras especiales, esta es utilizada en mantenimiento Industrial en situaciones donde es necesario UNIR, RECUPERAR o REVESTIR metales. EUTECTIC+CASTOLI es una empresa con más de 100 años de experiencia fabricando productos para soldadura blanda y cumple con las normas EN, DIN e ISO.

#### 7.4 LINCOLN ELECTRIC

LINCOLN ELECTRIC es una empresa que cuenta con una amplia experiencia en el campo de la soldadura. Es una compañía con 115 años en el mercado que brinda servicios para todo tipo de soldadura, incluyendo soldadura para aleaciones de aluminio. Cuenta con personal calificado para todos sus procesos y un centro de inspección de soldadura propio donde realiza análisis destructivos y no destructivos a los procedimientos de soldadura. La compañía cuenta con certificación ISO 9001: 2000 y ha desempeñado trabajo en áreas como minería, estructural, automotriz entre otras. La empresa también cuenta con un centro tecnológico de soldadura donde dicta diferentes cursos para capacitar soldadores en diferentes procesos.

## 8 CONCLUSIONES

- El tren es un medio de transporte que ha venido evolucionando por hace aproximadamente 200 años, es por eso que a lo largo de su historia se han desarrollados diversas estructuras y componentes con mejores propiedades y tecnología. Todo esto con el fin de ir mejorando su desempeño y características, hasta el punto de convertir al tren en uno de los medios de transportes más rápidos, seguros y eficientes.
- Establecer un proveedor adecuado es fundamental para un buen desempeño tanto de la empresa como de los trabajadores. Por esto lo importante de seleccionar una buena metodología de selección, la cual ayude a generar criterios que faciliten una eficiente elección, descartando y seleccionando la mejor opción.
- Es importante plantear los criterios que van a ser utilizados en la selección de los proveedores de un producto o servicio, ya que estos son factores determinantes del impacto positivo o negativo respecto a la productividad, calidad y competitividad en una empresa.
- Para establecer un perfil técnico de los proveedores se recopiló información acerca de aspectos importantes para realizar el proceso de soldadura, procedimientos, estudios, instalaciones, maquinaria y experiencia fueron características que generaron unos niveles de calificación como la calidad el servicio y el desarrollo. Teniendo en cuenta estos niveles de calificación se tiene conocimiento de las particulares con las que debe cumplir cada proveedor.
- El proceso de búsqueda de proveedores se realizó en la base de datos de las páginas amarillas y por medio electrónico, la búsqueda en estos sitios genera una amplia información de potenciales proveedores.

Fue importante realizar llamadas a cada uno de estos, pues son ellos mismo los que orientan para obtener así nuevos contactos de empresas que pueden cumplir con las características planteadas, y que no se encontraron en la primera búsqueda.

- Para evaluar la capacidad técnica y operativa de las empresas, se debe conocer los criterios y características a calificar, con una encuesta elaborada con los parámetros previamente establecidos, se logra calificar cada una de las competencias que la empresa posee y así ubicarlas en empresas competentes o no competentes para el trabajo establecido.
- En la actualidad son cada vez más los usos que se le están dando a las aleaciones de aluminio, esto debido a sus excelentes características las cuales han desplazado a materiales como el acero.
- La aleación 6005, es el material recomendado para ser utilizado en la fabricación de estructuras de vagones de trenes, gracias a sus propiedades que lo hacen ideal para los requerimientos que actualmente pide el mercado.
- Las empresas seleccionadas para realizar el trabajo planteado fueron FERROSOLDA, SAGER COLOMBIA, LINCOLN ELECTRIC Y WEST ARCO. Todas estas compañías cumplen con los requisitos de calidad, servicio y desarrollo que se establecieron para desarrollar esta labor. Estas empresas cuentan con una importante experiencia en el mercado, con capacidad de realizar soldadura de aleaciones de aluminio y garantizar el trabajo que entregan realizando proceso de calidad en laboratorios especializados.
- Se encontró en los proveedores evaluados no cuentan con certificación de ninguna entidad para la aplicación de soldadura para aleación de aluminio, pero estas empresas cuenta con laboratorios especializados que garantizan las especificaciones requeridas por el cliente.





## BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.). Recuperado el 11 de Febrero de 2013, de <http://www.definicionabc.com/tecnologia/tranvia.php#ixzz2>
- 9001:2008, N. I., & 7.4., n. (2008-11-18). *SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD*.
- Betancur Monsalve, J. S., & Valencia, M. F. (2009). *El desarrollo del transporte ferroviario y su influencia en Colombia*. Pereira.
- Bustos, M. (01 de Septiembre de 2012). *noticias.ferro-rail*. Recuperado el 04 de Abril de 2013, de <http://noticias.ferro-rail.com/tag/tranvias/calidad-gestion>. (s.f.). Recuperado el 13 de Marzo de 2013, de [http://www.calidad-gestion.com.ar/boletin/72\\_evaluacion\\_de\\_proveedores.html](http://www.calidad-gestion.com.ar/boletin/72_evaluacion_de_proveedores.html)
- camare90. (26 de Julio de 2008). *flickr*. Recuperado el 14 de Abril de 2013, de <http://www.flickr.com/photos/camare90/2706503635/>
- Comité de Metros.UITP, U. I. (Noviembre de 2003). *uitp*. Recuperado el 17 de febrero de 2013, de [uitp: http://www.uitp.org/mos/focus/metro-es.pdf](http://www.uitp.org/mos/focus/metro-es.pdf)
- cootrased. (30 de Diciembre de 2011). *cootrased*. Recuperado el 04 de Abril de 2013, de <http://www.cootrased.com.co/VerNoticia.aspx?id=157>
- cpampa. (20 de Septiembre de 2012). Recuperado el 04 de Abril de 2013, de <http://www.cpampa.com/web/cpa/2012/09/empresas-europeas-manifiestan-interes-por-ferrocarriles-paraguayos/ferrocarril-paraguayo-word-press/>
- cpkids. (15 de Febrero de 2013). *cpkids*. Obtenido de [cpkids: https://cpkids.cp.pt/Kids/MenuPrincipal/ABCComboio/Comboio/detalhe\\_a\\_energia\\_dos\\_comboios?lang=es](https://cpkids.cp.pt/Kids/MenuPrincipal/ABCComboio/Comboio/detalhe_a_energia_dos_comboios?lang=es)
- ecured. (15 de Febrero de 2013). Obtenido de [http://www.ecured.cu/index.php/Catenaria\\_%28ferrocarril%29](http://www.ecured.cu/index.php/Catenaria_%28ferrocarril%29)
- Ezkerra, J. B. (s.f.). Recuperado el 10 de Febrero de 2013, de <http://www.trenak.com/diccionario-ferroviario/tren/>

Ezkerra, J. B. (2004-2013). *Trenak*. Recuperado el 12 de Febrero de 2013, de <http://www.trenak.com/diccionario-ferroviario/funicular/>

ferropedia. (15 de Febrero de 2013). *ferropedia*. Obtenido de [http://www.ferropedia.es/wiki/Archivo:CTA\\_third\\_rail\\_contact\\_shoe.jpg](http://www.ferropedia.es/wiki/Archivo:CTA_third_rail_contact_shoe.jpg)

flickr. (2013). Recuperado el 15 de Febrero de 2013, de <http://www.flickr.com/photos/pris63/6872264553/>

Garro, H. (3 de Abril de 2011). *panoramio*. Recuperado el 04 de Abril de 2013, de <http://www.panoramio.com/photo/50428343>

gitel.uniza. (15 de Febrero de 2013). *gitel.uniza*. Obtenido de [http://gitel.unizar.es/contenidos/cursos/FTE/Web\\_Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA\(Alimentacion--Linea\\_de\\_contacto--Tercer\\_carril\).html](http://gitel.unizar.es/contenidos/cursos/FTE/Web_Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA(Alimentacion--Linea_de_contacto--Tercer_carril).html)

gitel.unizar. (s.f.). *gitel.unizar*. Recuperado el 15 de Febrero de 2013, de [http://gitel.unizar.es/contenidos/cursos/FTE/Web\\_Ferrocarriles/LOCOMOTORAS\(Parte\\_electrica\).html](http://gitel.unizar.es/contenidos/cursos/FTE/Web_Ferrocarriles/LOCOMOTORAS(Parte_electrica).html)

khi. (s.f.). Recuperado el 15 de Abril de 2013, de [http://www.khi.co.jp/english/rs/tech/aluminum\\_alloy/tec\\_al\\_2.html](http://www.khi.co.jp/english/rs/tech/aluminum_alloy/tec_al_2.html)

khi. (23 de Abril de 2013). *khi*. Recuperado el 23 de Abril de 2013, de <http://www.khi.co.jp/english/rs/tech/index.html#anchor001>

khi. (Abil de 2013). *khi*. Recuperado el 23 de Abril de 2013, de [http://www.khi.co.jp/english/rs/tech/aluminum\\_alloy/tec\\_al\\_2.html](http://www.khi.co.jp/english/rs/tech/aluminum_alloy/tec_al_2.html)

Klimov, M. (9 de Julio de 2008). *flickr*. Recuperado el 13 de Abril de 2013, de [http://www.flickr.com/photos/misja\\_klimov/2654205248/](http://www.flickr.com/photos/misja_klimov/2654205248/)

Mantaras, D. A. (2003). *Ingenieria e Infraestructura de los transportes*. Universidad de Oviedo.

Miranda, T. A. (10 de Enero de 2009 ). *flickr*. Recuperado el 13 de Abril de 2013, de <http://www.flickr.com/photos/talvesmiranda/4357509953/>

Nieto, C. E. (2011). *El ferrocarril en Colombia y la búsqueda de un país* . Bogotá.

Okomoto, I. (1998). *jrtr*. Recuperado el 15 de Abril de 2013, de [http://www.jrtr.net/jrtr18/pdf/f52\\_technology.pdf](http://www.jrtr.net/jrtr18/pdf/f52_technology.pdf)

Pardías, R. S. (Noviembre de 2007). Recuperado el 15 de Febrero de 2013

railway-technical. (4 de Enero de 2013). *railway-technical*. Recuperado el 15 de Abril de 2013, de <http://www.railway-technical.com/Manufacturing.shtml>

*railway-technology*. (s.f.). Recuperado el 15 de Abril de 2013, de <http://www.railway-technology.com/projects/c2-metro-trains-munich-underground-bavaria/>

*railway-technology*. (s.f.). *railway-technology*. Recuperado el 14 de Abril de 2013, de <http://www.railway-technology.com/>

Roca, A. B. (s.f.). *scribd*. Recuperado el 14 de Febrero de 2013, de <http://es.scribd.com/doc/75305052/DINAMICA-FERROVIARIA-EL-TREN-DE-RODAJE>

Targowa43. (7 de Julio de 2009). *flickr*. Recuperado el 13 de Abril de 2013, de <http://www.flickr.com/photos/40048581@N07/3737744917/in/photostream>

tramvia. (23 de Enero de 2006). *tramvia*. Recuperado el 14 de Abril de 2013, de <http://www.tramvia.org/porque/>

trenak. (s.f.). *trenak*. Recuperado el 15 de Febrero de 2013, de <http://www.trenak.com/putxera/pantografo.htm>

Triana, R. J. (s.f.). Obtenido de <http://ricardojavier triana.blogspot.com/>

*Uitp*. (s.f.). Recuperado el 11 de Febrero de 2013, de [http://www.uitp.org/files/ERRAC\\_MetroLR&TramSystemsinEurope.pdf](http://www.uitp.org/files/ERRAC_MetroLR&TramSystemsinEurope.pdf)

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe. (s.f.). Recuperado el 17 de febrero de 2013

William Ariel Sanches, O. D. (2009). *cuadernosadministracion*. Recuperado el 15 de Abril de 2013, de [http://cuadernosadministracion.javeriana.edu.co/pdfs/CnosAdmon\\_22\\_38\\_07\\_Williamarielsarache.pdf](http://cuadernosadministracion.javeriana.edu.co/pdfs/CnosAdmon_22_38_07_Williamarielsarache.pdf)