

DISEÑO DE UNA BANCADA PARA ASCENSORES CON CUARTO DE  
MÁQUINAS PARA LA EMPRESA COSERVICIOS S.A.

MAURICIO ACEVEDO VÉLEZ

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO  
MEDELLÍN  
2006

DISEÑO DE UNA BANCADA PARA ASCENSORES CON CUARTO DE  
MÁQUINAS PARA LA EMPRESA COSERVICIOS S.A.

MAURICIO ACEVEDO VÉLEZ

Trabajo de grado para optar por el  
título de ingeniero de diseño de producto

Asesor:

Luis Gabriel Mantilla  
Ingeniero mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO  
MEDELLÍN  
2006

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

A mis papas, ejemplo de berraquera y de vida.

A mis hermanos, dos personas a las que admiro.

A mi novia, los sueños se vuelven realidad si uno se lo propone.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue un gran reto personal; no fue fácil diseñar este producto con un método de diseño diferente, sobre todo en una compañía que lleva diseñando sus productos hace muchos años de una manera particular.

Por eso, agradezco a COSERVICIOS S.A. la oportunidad que me dieron de pensar en nuevas maneras de hacer las cosas, de desarrollar nuevos métodos de trabajo que nos ayuden a mejorar como compañía.

Agradezco también a mis compañeros de oficina, por su entusiasmo y compañerismo. Por esas ganas de seguir construyendo una mejor empresa cada día.

Especialmente agradezco a Andrés y Gabriel; gracias por el constante apoyo y direccionamiento.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
1.1 Antecedentes de COSERVICIOS S.A.	5
1.2 Antecedentes de los ascensores	7
1.3 Partes del ascensor	14
1.3.1 Recorrido Negativo	15
1.3.2 Recorrido	15
1.3.3 Sobre recorrido	15
1.3.4 Cuarto de máquinas	15
1.3.5 Máquina de tracción	18
1.3.6 Bancada	18
1.3.7 Control de Potencia y maniobra	21
1.3.8 Cable de tracción	21
1.3.9 Terminales de cable	22
1.3.10 Bastidor	23
1.3.11 Contrapeso	23
1.3.12 Limitador de Velocidad	23
1.4 La máquina de tracción y relación con la bancada	24
1.4.1 Máquinas actuales de COSERVICIOS S.A.	28
<b>2. ESTADO DEL ARTE</b>	<b>33</b>
2.1 Las bancadas en COSERVICIOS S.A.	33
2.1.1 Bancada Nuvoa	35

2.1.2	Bancada TW-191	36
2.1.3	Bancada X	37
2.1.4	Bancada X soportada en vigas	38
2.2	Las bancadas en el mundo	39
2.2.1	Toshiba Elevator CO LTD	39
2.2.2	KONE Elevator Company	40
2.2.3	Compañía F	41
2.2.4	WITTUR	42
2.2.5	Mitsubishi	43
2.2.6	Bancada LG	44
<b>3.</b>	<b>JUSTIFICACION</b>	<b>45</b>
3.1	Objetivo General	46
3.2	Objetivos Específicos	47
3.3	Requerimientos de los Clientes	47
3.3.1	Compras	48
3.3.2	Producción	49
3.3.3	Almacén	50
3.3.4	Instalaciones	51
3.4	Beneficios Esperados	51
3.4.1	Factibilidad Técnico-Económica	52
3.4.2	"Relevancia práctica, económica y técnica"	52
<b>4.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>54</b>
4.1	Cálculo de tracción	54
4.1.1	Cálculo de ángulo de abrazamiento	54
4.1.2	Cálculo de distancia vertical entre poleas	57
4.1.3	Presión específica en el cable	58

4.2	Calculo de perfiles estructurales	59
4.3	Vibraciones de máquina	60
4.4	Cálculo de expansiones	64
4.5	Determinar la vida útil de un rodamiento	65
4.6	Cálculo de uniones pernadas	67
4.7	Especificaciones de soldadura	67
<b>5.</b>	<b>DISEÑO DEL PRODUCTO</b>	<b>69</b>
5.1	Metodología	69
5.2	Clarificación de la tarea	70
5.2.1	Situación de COSERVICIOS S.A.	70
5.2.2	Clarificación de objetivos	73
5.2.3	Lista de requerimientos (PDS final)	75
5.3	Diseño Conceptual	78
5.3.1	Formulación del problema (generalización)	78
5.3.2	Establecer estructura de funciones	79
5.3.3	Buscar principios funcionales	83
5.3.4	Combinar principios funcionales	106
5.3.5	Seleccionar combinación	112
5.3.6	Traducir combinación a un concepto de producto	117
5.4	Diseño para dar forma	121
5.4.1	Diseño preliminar	121
5.4.2	Definir arquitectura de producto	134
5.5	Diseño de detalle	137
5.5.1	Desarrollo del diseño	137
5.5.2	Evaluación técnica y económica	147

5.5.3 Mejoras al diseño	151
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>153</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>156</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>157</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>162</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Grupos tractores utilizados por los aparatos elevadores según su velocidad, tráfico y aplicaciones.	26
Tabla 2 Maquinas de tracción actuales COSERVICIOS S.A . Sólo se consideran máquinas suspensión 1:1 y ubicadas en la parte superior del hueco	28
Tabla 3 configuración, material y criterio de diseño de bancadas fabricadas en COSERVICIOS S.A.	33
Tabla 4 Valor máximo de la presión específica de acuerdo a la velocidad	59
Tabla 5 Lista de requerimientos	75
Tabla 6 - Fijar máquina a la bancada	85
Tabla 7 Aislar vibraciones	86
Tabla 8 Desplazar máquina según la posición de los cables de cabina	88
Tabla 9 Soportar máquina y cables	91
Tabla 10 Transmitir cargas al edificio	94
Tabla 11 Fijar la bancada al edificio	96
Tabla 12 Desplazar el conjunto desviador de acuerdo a la caída de cables	98

Tabla 13 Fijar el conjunto desviador	100
Tabla 14 Contener los cables de tracción	102
Tabla 15 Guiar los cables	104
Tabla 16 Combinación de principios funcionales	108
Tabla 17 Matriz de evaluación de la combinación A	113
Tabla 18 Matriz de evaluación de la combinación B	114
Tabla 19 Matriz de evaluación de la combinación C	115
Tabla 20 Consideraciones de diseño	120
Tabla 21 Diseño preliminar de base de máquina	124
Tabla 22 Fondos de foso	125
Tabla 23 Rangos de foso y vigas de máquina	126
Tabla 24 Desperdicio de vigas de máquina	126
Tabla 25 - Parámetros para el cálculo de la tracción y dos casos	137
Tabla 26 Precio comparativos según el tipo de bancada (unidades en UM)	147

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Métodos de aparejar máquinas de tracción .....	9
Ilustración 2. Componentes de un ascensor a tracción, suspensión 1:1. ....	10
Ilustración 3. Ascensor con suspensión 1:1 y 2:1 .....	11
Ilustración 4 Ascensor con suspensión 1:1 y 2:1 (esquema) .....	12
Ilustración 5. Vista en planta típica de un ascensor a tracción con suspensión 1:1. .....	13
Ilustración 6 Vista típica del ascensor –Elevación- .....	14
Ilustración 7 Partes del ascensor (simplificadas) .....	17
Ilustración 8 Representación general de una bancada .....	19
Ilustración 9 Polea desviadora .....	20
Ilustración 10 Cable de tracción.....	21
Ilustración 11 Terminal de cable .....	22
Ilustración 12 Limitador de velocidad.....	24
Ilustración 13 Máquina de tracción. ....	27

Ilustración 14 Maquina de tracción modelo 1.....	30
Ilustración 15 Maquina de tracción modelo 2.....	30
Ilustración 16 Maquina de tracción modelo 3.....	31
Ilustración 17 Maquina de tracción modelo 4.....	31
Ilustración 18 Maquina de tracción modelo 5.....	32
Ilustración 19 Bancada Nuvoa .....	35
Ilustración 20 Bancada TW-191.....	36
Ilustración 21 Bancada X.....	37
Ilustración 22 Bancada X soportada en vigas .....	38
Ilustración 23 Bancada Toshiba Elevador CO LTDA structure of elevator machine room	Apparatus arrangement 39
Ilustración 24 Bancada KONE .....	40
Ilustración 25 Bancada compañía F.....	41
Ilustración 26 Bancada Wittur .....	42
Ilustración 27 Bancada Mitsubishi.....	43
Ilustración 28 - Bancada LG .....	44

Ilustración 29 Posiciones más desfavorables para que pueda haber peligro de deslizamiento .....	56
Ilustración 30 - Vibración simple .....	61
Ilustración 31 - Representación esquemática para vibraciones de la bancada .....	62
Ilustración 32 - Viga de soporte con expansiones.....	64
Ilustración 33 Polea desviadora con rodamientos.....	65
Ilustración 34 Calculo de rodamientos por WEB.....	66
Ilustración 35 Árbol de objetivos .....	74
Ilustración 36 Tipos de entradas o salidas de una caja negra .....	79
Ilustración 37 Caja negra .....	81
Ilustración 38 caja transparente .....	83
Ilustración 39 Principios funcionales a identificar.....	84
Ilustración 40 ángulo de abrazamiento .....	105
Ilustración 41 Leyenda de matriz morfológica.....	106
Ilustración 42 Matriz morfológica .....	107
Ilustración 43 Combinación A .....	109
Ilustración 44 Combinación B .....	110

Ilustración 45 Combinación C .....	111
Ilustración 46 Estructura de partes de Bancada TORIN .....	118
Ilustración 47 Esquema de partes de Bancada TORIN .....	119
Ilustración 48 Bases de los reductores de máquina traspuestos .....	122
Ilustración 49 Ensamble de base de máquina. ....	123
Ilustración 50 Vigas de máquina .....	125
Ilustración 51 Viga de soporte .....	127
Ilustración 52 Sistema desviador .....	128
Ilustración 53 Polea desviadora .....	129
Ilustración 54 Sistema desviador y vigas de máquina .....	130
Ilustración 55 Eje de sistema desviador.....	131
Ilustración 56 Ángulo de cerramiento.....	132
Ilustración 57 Angulo contenedor de cables .....	133
Ilustración 58 Amortiguador (damper).....	133
Ilustración 59 Soldadura en obra de la bancada.....	134
Ilustración 60 Bancada completa en cuarto de máquinas.....	135

Ilustración 61 La bancada TORIN y el cuarto de máquinas.....	136
Ilustración 62 - Comparación de perfiles en I (en Excel).....	139
Ilustración 63 - Calculo de estabilidad en vigas (en Excel).....	140
Ilustración 64 - Hojas de cálculo de vigas (en Excel).....	141
Ilustración 65 - Cálculo del factor de rozamiento (en Excel).....	141
Ilustración 66 - Cálculo de ángulo de abrazamiento para equipos especiales.....	142
Ilustración 67 - FEA ensamble MK15 (3500Kg) – Simplificación.....	143
Ilustración 68 - FEA ensamble MK15 (3500Kg) – Factor de Seguridad.....	144
Ilustración 69 - Bancada TORIN instalada en la torre de pruebas de COSERVICIOS S.A. ....	145
Ilustración 70 - Partes en planta de producción de COSERVICIOS S.A. de la bancada TORIN.....	146
Ilustración 71 Gráfico comparativo entre los tipos de Bancadas. ....	148
Ilustración 72 - Mejoras al diseño. Cableado de la máquina.....	152

## GLOSARIO

**ASCENSOR DE ADHERENCIA:** ascensor en el que los cables de tracción se accionan por adherencia en las gargantas de la polea motriz de la máquina.<sup>1</sup>

**BASTIDOR:** es un elemento resistente que tiene la función de chasis, al cual se fijan los cables de suspensión y el mecanismo del paracaídas. El bastidor debe ser robusto, calculado con un coeficiente de seguridad mínimo de 5.<sup>2</sup>

**BANCADA:** componente que soporta la máquina de tracción, aísla al edificio de vibraciones, transmite el peso del carro y el contrapeso al edificio y es responsable de garantizar la estabilidad del sistema. Se encarga de guiar los cables de tracción hacia el bastidor y el contrapeso.

---

<sup>1</sup> AENOR. Reglas de Seguridad para la Construcción e Instalación de Ascensores. EN 81-1:1998. Madrid 2001, p14.

<sup>2</sup> MIRAVETE, A. LARRODÉ, E. El Libro del Transporte Vertical. Primera Edición. INO Reproducciones, S.A. Zaragoza 1996, p177.

CABINA: es el elemento portante propiamente dicho. Esta caja debe estar totalmente cerrada por paredes, piso y techo de superficie continua y llena, salvo la abertura.<sup>3</sup> Es el elemento del ascensor destinado a transportar a las personas y/o la carga.<sup>4</sup> (Ver Ilustración 2)

CABLES DE TRACCIÓN: Cables de acero cuya función es transmitir y conectar el movimiento entre el carro y el contrapeso.

CADENA DE COMPENSACIÓN: cadena empleada para compensar el peso de los cables de tracción. Cuando el carro (o el contrapeso) se encuentran en una posición extrema la máquina debe mover el carro y una cantidad de cables de tracción que entran a ser considerables por su peso. Generalmente esta conectada al carro y al contrapeso por la parte inferior.

CAÍDA DE CABLES: distancia entre los cables de carro y contrapeso. Es relacionada con la bancada de máquina y la distribución de los componentes del elevador en el hueco.

---

<sup>3</sup> MIRAVETE, Op. Cit, p178.

<sup>4</sup> AENOR, Op. Cit, p14

CARRO: Elemento compuesto por la cabina y bastidor que la sostiene.

CONTRAPESO: Masa que contribuye a asegurar la tracción, y permite el ahorro de energía por equilibrado de toda o parte de la masa de la cabina

CUARTO DE MÁQUINAS: sala donde se ubican la(s) máquina(s) y/o su equipo asociado.<sup>5</sup>

DISTANCIA ENTRE GUÍAS: distancia existente entre las caras más cercanas de las guías.

FOSO: parte del hueco situada por debajo del nivel de parada más bajo servido por la cabina. (Recorrido negativo)<sup>6</sup>

FUNCIÓN DE MARKETING: media las interacciones entre la compañía y sus clientes. Con frecuencia facilita la identificación de oportunidades del producto, la definición de segmentos de mercado, y la identificación de las necesidades del cliente. También se encarga de la comunicación entre la compañía y sus clientes,

---

<sup>5</sup> AENOR, Op. Cit, p14

<sup>6</sup> AENOR, Op. Cit, p14

establece los precios objetivo, y supervisa el lanzamiento y promoción del producto.<sup>7</sup>

**FUNCIÓN DE DISEÑO:** juega el papel más importante para definir la forma física del producto, para que se adapte de mejor manera a las necesidades del cliente. Dentro de este contexto, la función de diseño incluye el diseño de ingeniería (diseño mecánico, eléctrico, software, etc.) y el diseño industrial (estética, ergonomía, interfaces de usuario).<sup>8</sup>

**FUNCIÓN DE MANUFACTURA:** es principalmente responsable del diseño y operación del sistema de producción. Ampliamente definida, la función de manufactura también incluye con frecuencia la compra, distribución e instalación. Este conjunto de actividades algunas veces se llama la cadena de suministro.

**GUÍA:** Elemento rígido, por lo general de acero, que obliga al carro o al contrapeso a seguir un trayecto establecido. Es común una forma de "T".

---

<sup>7</sup> ULRICH, Kart T. y EPPINGER, Steven D. Diseño y desarrollo de productos, enfoque multidisciplinario. 3ª ed. México, McGraw-Hill interamericana, 2004.

<sup>8</sup> ULRICH, K, Op. Cit.

HUECO: espacio por el cual se desplaza la cabina, el contrapeso o la masa de equilibrado. Este espacio queda materialmente delimitado por el fondo de foso, las paredes y el techo del hueco. (Recorrido)<sup>9</sup>

PARACAÍDAS: Dispositivo mecánico que se destina a parar e inmovilizar la cabina, el contrapeso o la masa de equilibrado sobre sus guías en caso de exceso de velocidad o de rotura de los órganos de suspensión.<sup>10</sup>

PARTE SUPERIOR DEL HUECO: parte del hueco comprendida entre el último nivel servido por la cabina y el techo del hueco.<sup>11</sup>

PRODUCTO EN PROCESO: denominación que se le da a los materiales que están siendo transformados en Producción.

PRODUCTO TERMINADO: denominación que se le da a los materiales que cumplieron el proceso completo de fabricación y ensamble (si aplica) y que pueden ser despachados por el Almacén.

---

<sup>9</sup> AENOR, Op. Cit, p 15

<sup>10</sup> AENOR, Op. Cit, p 15

<sup>11</sup> *Ibíd.*

*TECHNICAL SYSTEM (TS): a general category of artificial deterministic systems<sup>12</sup> that perform the necessary effects to achieve the transformation of operands. It is a collective term for all machine systems, devices, apparatus, equipment, plant, etc., from any ranch of engineering.<sup>13</sup>* (Traducción: una categoría general de los sistemas determinísticos artificiales que realizan las acciones necesarias para alcanzar la transformación de las entradas. Es un término colectivo para todos los sistemas de máquinas, dispositivos, aparatos, equipos, plantas, etc., de cualquier gama de la ingeniería)

TIMONERÍA: Componente encargado de transmitir el movimiento del limitador de velocidad al paracaídas, entra en acción cuando el carro sobrepasa la velocidad nominal.

---

<sup>12</sup> Un sistema determinístico es un sistema en el que el azar no está involucrado en el desarrollo de nuevos estados del sistema. Los modelos determinísticos, entonces, producen siempre la misma salida para una condición inicial dada.

<sup>13</sup> HUBKA, v. & W. E Eder, Principles of engineering design. Edition HEURISTA, 1987.

## INTRODUCCIÓN

“Diseño” es todo aquello que el hombre o la mujer han creado y por consiguiente el diseño está presente en todas las cosas que nos rodean, en la forma de nuestras casas y en la disposición del espacio interior, en la manera de realizar nuestras compras o de entretenernos y divertirnos, y en la facilidad con que nos trasladamos de un lugar a otro.<sup>14</sup>

No todos los artefactos que el hombre realiza, inherentes a su desarrollo bio-psico-social, y entendidos éstos como procesos y productos, son objeto de estudio del Ingeniero de Diseño de Producto (IDP). Los objetos de su trabajo teórico y práctico, tienen un marco orientado a desarrollar y fortalecer el quehacer científico y tecnológico dentro de los sistemas de producción industrial y económicos, propios de la ingeniería. El diseño de productos, entonces, debe enfocarse a que los sistemas técnicos (TS) sean de un precio razonable para los compradores, atractivos para el mercado escogido, fabricables y que satisfagan las necesidades de los usuarios. Adicional a esto, al diseñar un producto, el IDP debe, fuera del rendimiento técnico y económico, lograr que éste sea innovador, fácil de entender y de operar.<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> CONRAN, Terence. Diseño. Barcelona, Blume, 1997. Pág. 10

<sup>15</sup> UNIVERSIDAD EAFIT. Programas académicos, Ingeniería de diseño de producto : Historia <http://www.eafit.edu.co/EafitCn/Ingenieria/Pregrados/IngenieriaDiseno/Index.htm> [consulta : 07 - Octubre 2005] (adaptación)

En este trabajo de grado se busca recopilar el proceso de diseño de una bancada para ascensores con cuarto de máquinas para la empresa COSERVICIOS S.A., desde la formulación del problema hasta las decisiones de manufactura que se tomen en un momento dado y el resultado final. Es importante destacar que para este proceso se seguirá una adaptación de la metodología propuesta por Vladimir Hubka en el libro "*principles of engineering design*" con algunos elementos de la planteada por Phal & Beitz en el libro "*Engineering design, a systematic approach*".

Es importante documentar los procesos de toma de decisiones, definiendo claramente, los criterios de evaluación, ya sean objetivos o subjetivos y las razones por las que se toma un camino u otro en el proceso de diseño. Muchas veces, cuando se cree que se llegó al diseño que mejor cumple los requerimientos, se lanza a la fabricación, y es allí donde, sobre la marcha, se detecta la necesidad de hacer modificaciones al diseño para adaptarse al sistema productivo disponible, manteniendo las premisas de lograr un producto que contribuya a la productividad. Pretendo documentar ésta toma de decisiones y establecer los por qué y los cómo de las mismas, brindando un aporte metodológico a la empresa.

Dentro del proyecto de grado, están involucradas las áreas de diseño, manufactura y logística. Esta trilogía, permite estructurar el flujo grama desde las necesidades corporativas hasta el cliente interno, pasando por casi todas las etapas de la organización; aún así, haré mayor énfasis en el diseño (tanto el diseño de ingeniería como el diseño industrial).

En este trabajo se mostrará el proceso de diseño de una bancada para maquinas eléctricas de tracción con tipo de suspensión 1:1 y con capacidades de carga inferiores a 1600Kg (el equivalente a 21 personas). Esta bancada se diseñará para

ascensores con configuración de cuarto de máquinas arriba (ver disposiciones de configuración en

Ilustración 1) cumpliendo con la norma EN 81-1 (Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores; Parte 1: Ascensores eléctricos). Este diseño busca la estandarización y la modularidad de los componentes que lo conforman, de esta manera se busca disminuir los recursos necesarios para su manufactura e instalación, definiendo cual es el diseño que mejor se acomoda al entorno de la empresa, y así, contribuir a hacer de ésta una empresa más competitiva y con productos que satisfagan a todos los procesos integradores de la compañía.

## 1. ANTECEDENTES

En COSERVICIOS S.A. se diseñan, fabrican, instalan y mantienen ascensores (marca Andino). Las condiciones del mercado obligan a que se cambie de proveedores por precio, tiempo de entrega, calidad o especificaciones del producto. Estos cambios demandan a que los diseños de los componentes sean “flexibles”<sup>16</sup> para adaptarse a las nuevas especificaciones de los productos comprados.

Los ascensores con cuarto de máquinas generalmente se componen de la cabina con su bastidor, un contrapeso (que balancea el peso de la cabina) y una máquina que mueve los cables que unen todo el sistema (ver Ilustración 2). Estos cables llegan verticalmente al bastidor y al contrapeso (en el caso de tracción 1:1, ver

Ilustración 1 para otras configuraciones de ascensores), la distancia entre estos cables es variable (varía según las medidas de cabina y el tamaño del foso) y se llama caída de cables.

En el caso específico de las bancadas (sistema estructural que soporta la máquina de tracción y la polea desviadora), el diseño no sólo debe ajustarse a la máquina que se compre para las especificaciones del ascensor, sino que debe permitir

---

<sup>16</sup> La definición corporativa de flexibilidad es :

“Es la capacidad de adaptarse oportunamente a los requerimientos internos y/o del mercado, favoreciendo el flujo de trabajo de todos los procesos mediante el cumplimiento de compromisos mutuos que garanticen la satisfacción del cliente interno y externo; compromisos generados con base en la capacidad de respuesta y el uso de políticas empresariales que permitan priorizar y tomar decisiones correctas y oportunas.”

poner la polea desviadora (ver Ilustración 9) según la caída de cables; la cual puede variar por condiciones del foso, que corresponden a necesidades específicas de los clientes.

En este trabajo sólo se tratará el tipo de suspensión 1:1, en donde los cables tienen un extremo en el contrapeso y el otro en el carro. Esta es la configuración mas utilizada en este momento en COSERVICIOS S.A.

### 1.1 ANTECEDENTES DE COSERVICIOS S.A.

“COSERVICIOS S.A. fue fundada en 1965 como una Empresa Metalmecánica para prestar servicio al sector industrial. En el año de 1975 se constituyó como una fábrica de Ascensores, con la marca ASCENSORES ANDINO, siendo el gestor de esa iniciativa el entonces Presidente del Grupo Inversiones Mundial Doctor Darío Moreno Restrepo. Desde 1980, la Compañía fue adquirida por un grupo de Inversionistas liderado por el Ingeniero Rodrigo Villa Galvis, quien desde esa fecha ocupa la Dirección de la Empresa. Poco a poco, inició un proceso de Integración, creando para ello un Departamento de Investigación y Desarrollo en las áreas de Ingeniería Electrónica y mecánica, incorporando tecnología de punta, para ir escalando posiciones en el mercado colombiano y llegar a constituirse desde 1989 como la primera empresa de su tipo en Colombia y permanecer en esa posición desde entonces.”<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> ASCENSORES ANDINO. Reseña histórica, <http://www.COSERVICIOS S.A.com/> [consulta : 02 - Mayo 2006]

Dentro de COSERVICIOS S.A. hay un elemento que se vincula directamente con el quehacer de los IDP: aplicar ingeniería al diseño, la producción, comercialización, modernización y servicio técnico de “productos” (ascensores) para satisfacer a sus clientes, generar rendimiento a sus accionistas, promover el empleo productivo y el desarrollo integral de las personas; además, en su visión involucra conceptos de diseño e ingeniería, tales como la innovación y la flexibilidad. Es por esto que en esta empresa, un IDP es un personaje capaz de interactuar en diferentes procesos de la organización, aportando su capacidad integradora (desde la perspectiva de ingeniería) y brindando un hilo conductor a la cadena de valor. Es capaz de interactuar en procesos logísticos, de manufactura, de gestión de la información, de planeación y estrategia, comercial y de mercado y por último pero no menos importante en procesos de ingeniería.

Como empresa, COSERVICIOS S.A. está teniendo un crecimiento fundamentado en el incremento de las ventas de estos últimos años, debido al incremento de la construcción nacional y la incursión en mercados internacionales; sin embargo está pasando por lo que pasan muchas empresas cuando crecen; un punto de coyuntura en donde se necesita hacer más con menos para poder ser más competitivos; de hecho, “una empresa que crece se vuelve cada vez más compleja y crea sus propias demandas de una estructura organizativa más compleja... el éxito impulsa la necesidad de adaptarse y cambiar”<sup>18</sup>.

Es por esto que los sistemas que componen el ascensor deben partir de diseños flexibles, innovadores, rentables, producibles con la infraestructura actual, de fácil instalación, mantenimiento y adaptación. Pero, para poder hacer estos sistemas más competitivos era necesario utilizar tecnología de punta que anteriormente no

---

<sup>18</sup> USINFO - The United States Department of State – eJournal USA Perspectivas Económicas, Febrero 2005; <http://usinfo.state.gov/journals/ites/0205/ijes/ward.htm> [consulta: 08 - Enero - 2006]

estaba disponible ya sea por falta de recursos o porque no existían en el medio. El IDP, con sus conocimientos en software CAD/CAM/CAE, es capaz de potencializar estas herramientas en beneficio de la productividad, la calidad, la flexibilidad y la innovación<sup>19</sup> en el producto.

## 1.2 ANTECEDENTES DE LOS ASCENSORES

Se define un ascensor como un equipo de transporte vertical, utilizado para dos o más niveles de parada, incluyendo un carro para el transporte de pasajeros y/o carga, movilizándose al menos parcialmente entre guías verticales o inclinadas.<sup>20</sup>

Los ascensores se pueden clasificar por varias características, siendo la más importante el método de manejo del movimiento:

- 🚦 Ascensores eléctricos, el movimiento es producido por un motor eléctrico.
- 🚦 Ascensores hidráulicos, el movimiento es producido por una unidad hidráulica que impulsa un pistón.
- 🚦 Ascensores neumáticos, el movimiento es producido por un compresor de aire que impulsa un pistón neumático, o en ocasiones al mismo carro.

---

<sup>19</sup> La definición de innovación para COSERVICIOS S.A. es:

Es el proceso creativo de convertir ideas y conocimiento en productos, procesos ó servicios, nuevos o mejorados, vendibles ó usables, que el usuario ó el entorno reconozca y/o valoren por su funcionalidad, costo ó ambas.

<sup>20</sup> ESCOBAR, E. Op. Cit, p21.

En la Ilustración 2 se puede observar los principales componentes que constituyen un ascensor.

Los ascensores a tracción son la configuración más empelada en la actualidad, y ha sido así desde su nacimiento, aproximadamente hace 150 años. Este consiste básicamente en mover hacia arriba y hacia abajo una cabina unida mediante cables de acero a un contrapeso que la balancea.

Existen para los ascensores a tracción dos (2) tipos de suspensión, que son: uno a uno (1:1), en donde la cabina y el contrapeso están en relación directa de velocidad y carga; y dos a uno (2:1), en donde la maquina que une la cabina y el contrapeso funciona a la mitad de la velocidad pero al doble de la capacidad de carga (ver Ilustración 3)

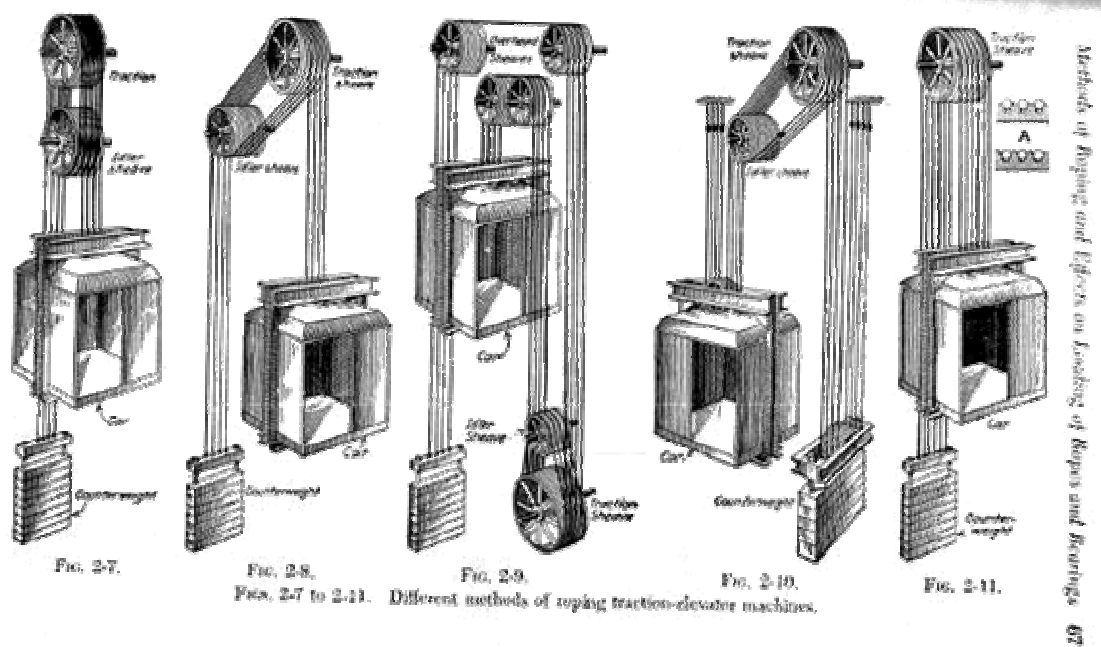
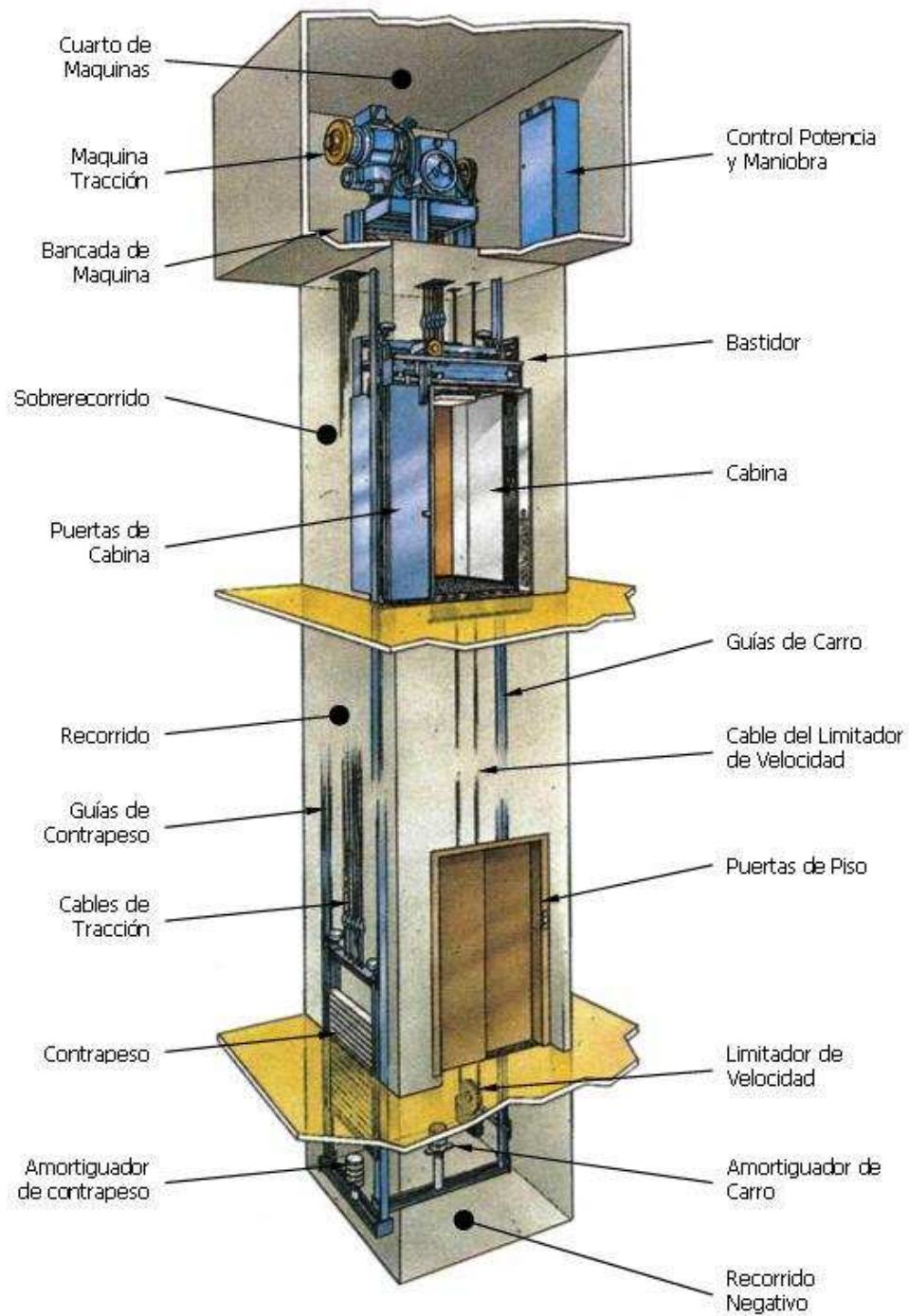
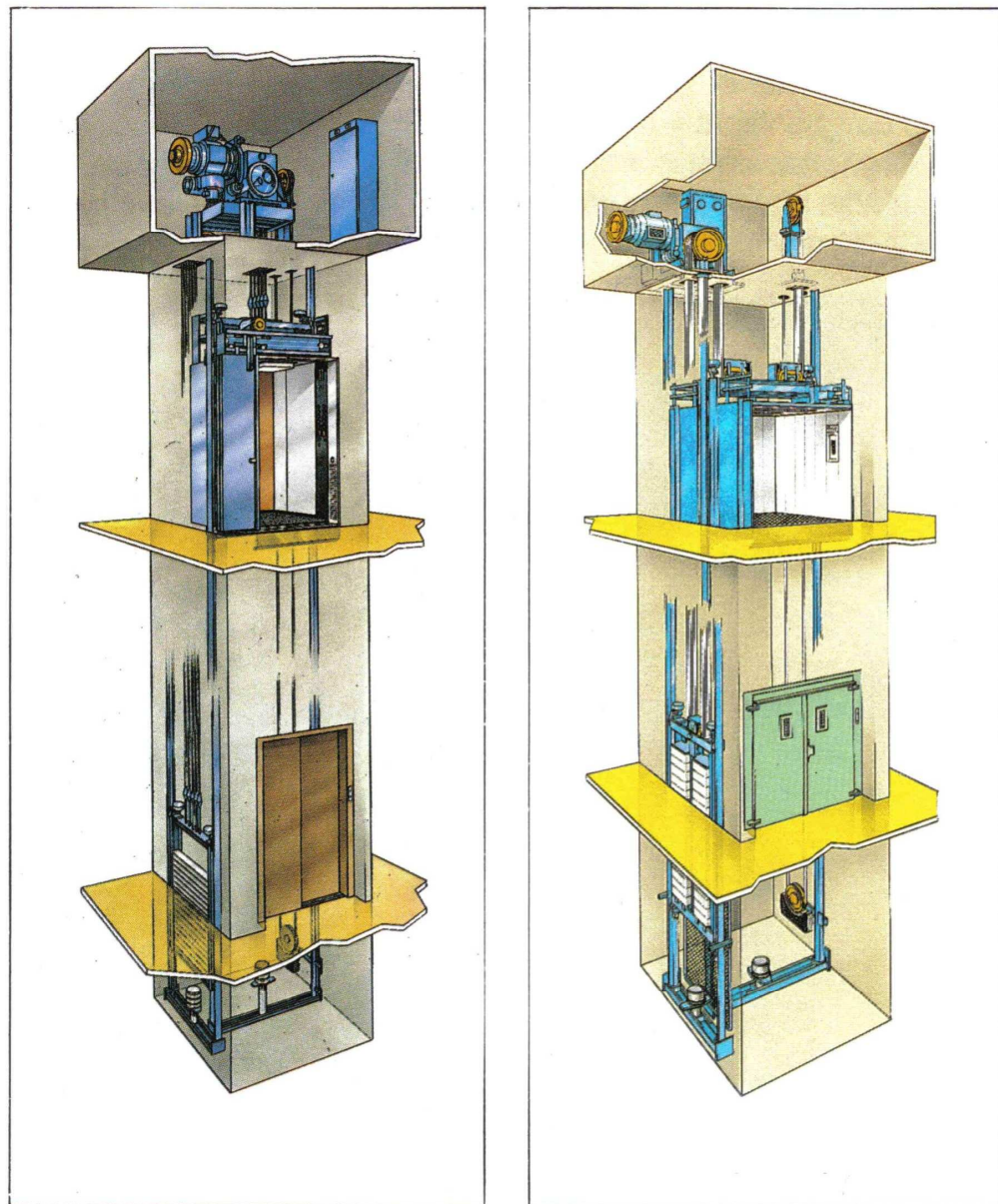


Ilustración 1 Métodos de aparejar máquinas de tracción

<sup>21</sup> ANNETT, F.A., Ascensores, montacargas y escaleras mecánicas, Editorial hispano americana S.A., Buenos Aires, 1962. p. 77.



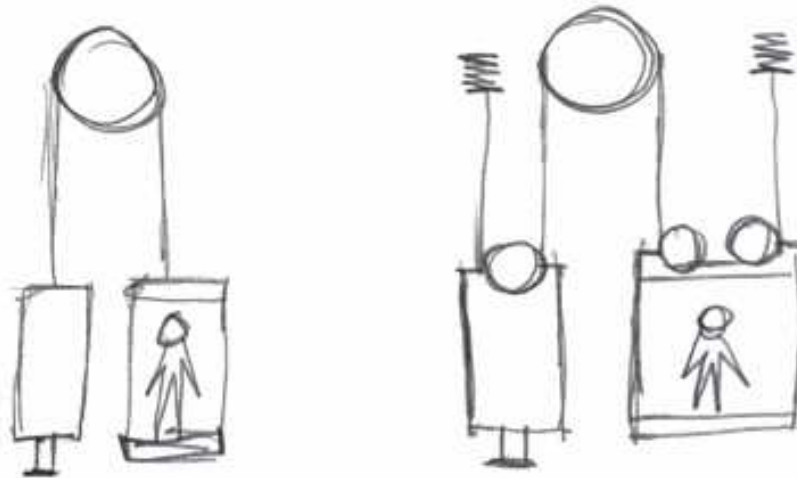
**Ilustración 2. Componentes de un ascensor a tracción, suspensión 1:1.**



**Ilustración 3. Ascensor con suspensión 1:1 y 2:1**

A la izquierda, ascensor de pasajeros con suspensión 1:1, nótese la unión directa de los cables al carro y al contrapeso. A la derecha, ascensor de carga con suspensión 2:1, obsérvese el juego de poleas en cabina y contrapeso, los cables se unen a la edificación. TOMADA DE: HIRSCHER, Peter. Thyssen Aufzüge – Elevators - Technology, Planning, Operation. La Nouvelle Librairie. España. 1987.

En la Ilustración 4 una representación más simplificada de los ascensores con suspensión 1:1 y 2:1,



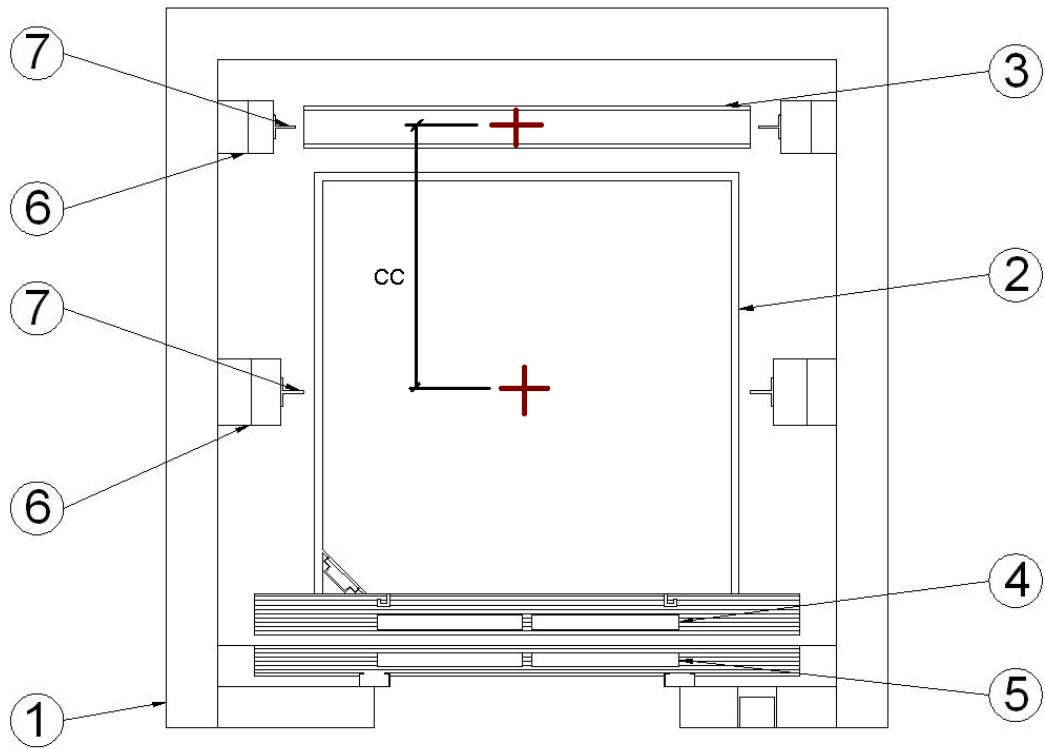
22

**Ilustración 4 Ascensor con suspensión 1:1 y 2:1 (esquema)**

En la Ilustración 5 , se puede observar la vista en planta típica de un ascensor a tracción con suspensión 1:1. Las cruces, indican esquemáticamente los puntos de sujeción de cables en cabina y en contrapeso y la distancia entre ellos se llama caída de cables (CC).

---

<sup>22</sup> Tomada de ESCOBAR, E. Op. Cit, p100

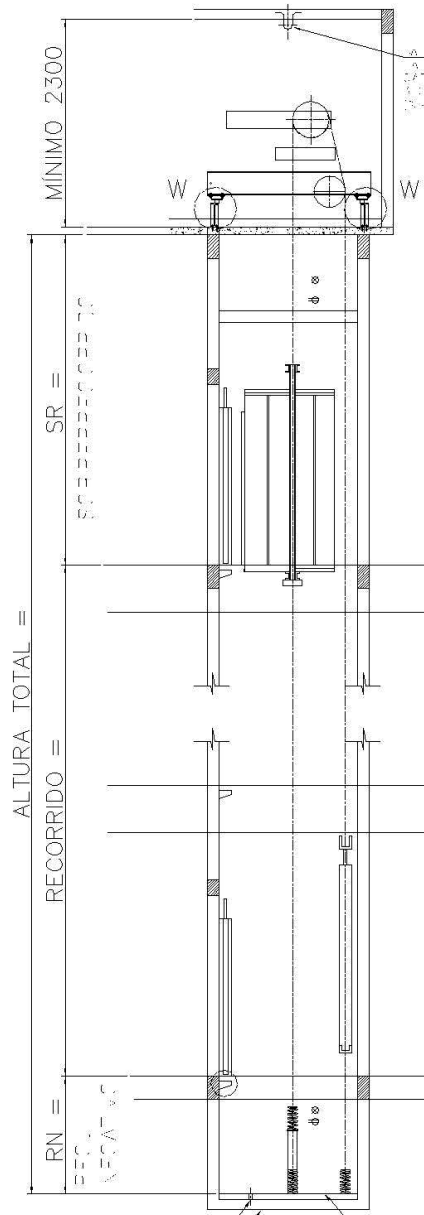


**Ilustración 5. Vista en planta típica de un ascensor a tracción con suspensión 1:1.**

- (1) Pozo, (2) Cabina, (3) Contrapeso, (4) Puertas de Cabina,  
 (5) Puertas de Piso, (6) Anclajes, (7) Guías.

### 1.3 PARTES DEL ASCENSOR

A continuación se hace una breve explicación de algunas partes del ascensor que se relacionan con la bancada. Para mayor información sobre componentes del ascensor consultar en la bibliografía.



**Ilustración 6 Vista típica del ascensor –Elevación–**

## 🚧 REFERENTES A LA OBRA CIVIL (ver Ilustración 6)

Las siguientes definiciones son las partes que constituyen el foso (ver “Anexo 1 - Plano de instalación típico TL-AC-CWP”):

### 1.3.1 Recorrido Negativo

(También llamado Pozo o *Pit*). Es el fondo del recinto por donde viaja el ascensor. Es aquí donde están dispuestos los amortiguadores y la parte baja del limitador de velocidad. Su distancia se acota desde el nivel de piso del primer nivel hasta el fondo del pozo.

### 1.3.2 Recorrido

(También llamado *Travel*). Es el recinto cerrado o parcialmente cerrado por donde viajan el carro y el contrapeso. Su distancia se mide desde el nivel de piso del primer nivel hasta el nivel de piso del último nivel.

### 1.3.3 Sobre recorrido

(También llamado *Overhead*). Es el espacio que debe haber en la parte superior del foso para albergar el carro cuando la cabina se encuentre en el último nivel.

### 1.3.4 Cuarto de máquinas

(También llamado *machine room*). Es el espacio en donde se encuentran los elementos motrices y/o sus accesorios. Generalmente se encuentra sobre la proyección del hueco del ascensor y debe tener espacio suficiente para que se puedan ubicar los controles, la máquina, el limitador de velocidad.; las dimensiones del cuarto de máquinas deben ser suficientes para realizar un trabajo

fácil y seguro sobre el equipo. (Para más información ver los requisitos del cuarto de máquinas en la norma EN-81-1 apartado 6)

## PARTES DEL ASCENSOR

El sistema motriz es la familia de componentes que tiene relación directa con este trabajo y por consiguiente se hará mayor énfasis Para mayor información sobre el resto de familias y partes ver “MIRAVETE, A. LARRODÉ, E. El Libro del Transporte Vertical. Primera Edición. INO Reproducciones, S.A. Zaragoza 1996.” En donde se hace una subdivisión similar del ascensor (ver Ilustración 7).

El sistema motriz del ascensor está compuesto básicamente por el grupo tractor (maquina, bancada y polea desviadora), el grupo de señales y energía (control de maniobra y potencia), el grupo móvil (cables, carro y contrapeso) y el grupo seguridades (limitador de velocidad y partes del bastidor de cabina).

A continuación se explican los componentes que conforman el sistema motriz

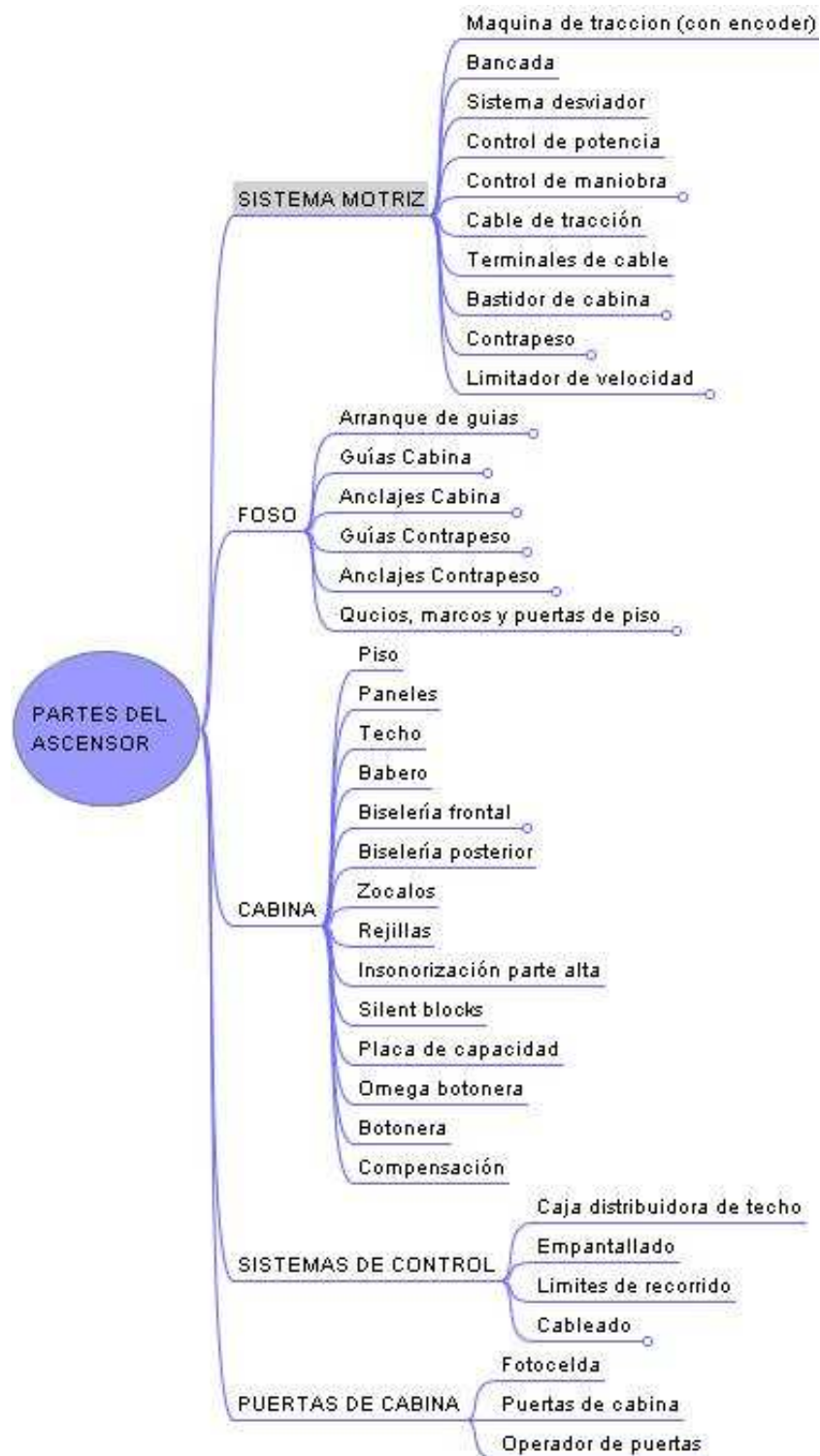


Ilustración 7 Partes del ascensor (simplificadas)

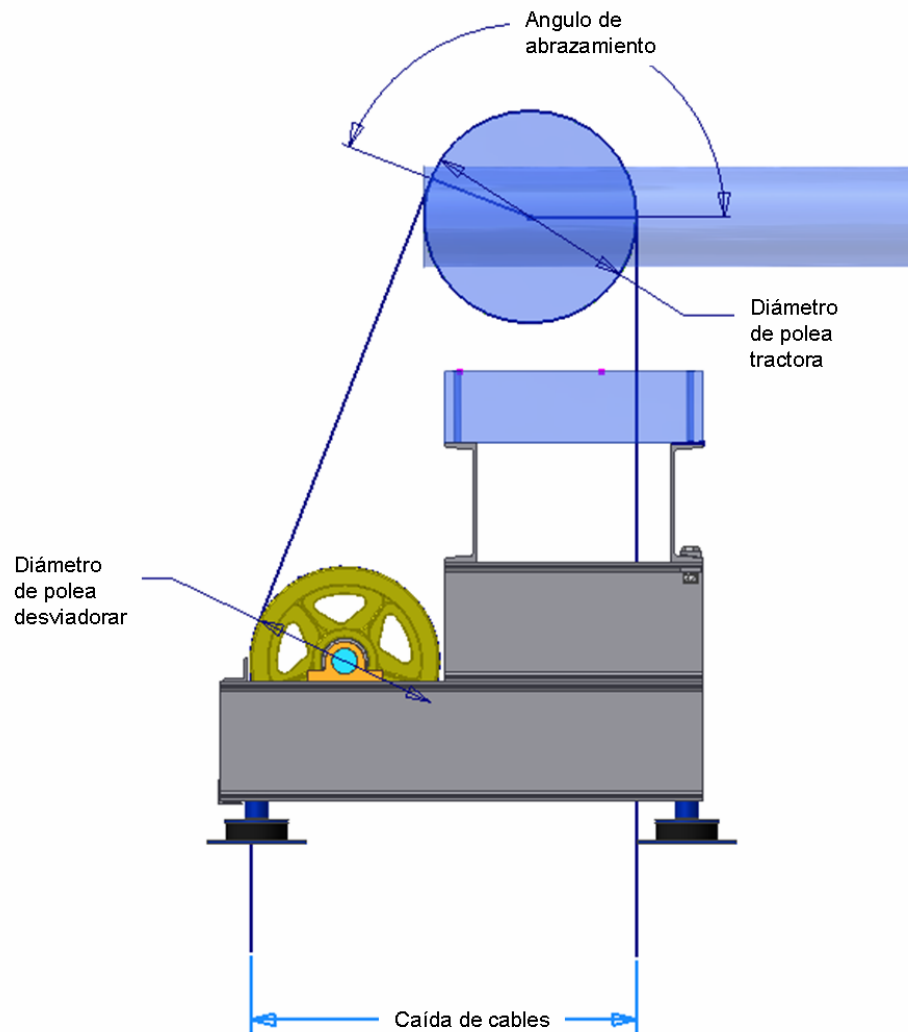
### 1.3.5 Máquina de tracción

Es el elemento motriz del sistema. Está compuesto por (ver Ilustración 13):

- ✚ Un motor eléctrico de especificación según carga y velocidad nominal del ascensor.
- ✚ Un reductor de velocidad, usualmente una reducción sinfin-corona.
- ✚ Un freno electromagnético acoplado al motor y al reductor.
- ✚ Una polea tractora o de tracción.

### 1.3.6 Bancada

Es el componente que soporta la máquina de tracción, aísla al edificio de vibraciones, transmite el peso del carro, el contrapeso y los cables al edificio, y es el responsable de garantizar la estabilidad de la máquina. Además, se encarga de sostener la polea desviadora en el caso de ascensores con suspensión 1:1. En la Ilustración 8.



**Ilustración 8 Representación general de una bancada**

### 1.3.6.1 Sistema desviador

La distancia entre cables es variable en función de la dimensión de la cabina y del tamaño del foso. Los cables de tracción deben llegar perpendiculares al carro y al contrapeso para disminuir las vibraciones y evitar esfuerzos adicionales sobre las guías.

Para poder llegar perpendicularmente al carro y contrapeso se utilizan poleas auxiliares o desviadoras. Esta polea desviadora podría omitirse en los casos en los que la caída de cables sea igual al diámetro de la polea tractora, pero en la práctica la polea tractora no es lo suficientemente grande para abarcar la caída de cables; porque: si la polea tractora es muy grande, lograr una velocidad nominal alta es muy costoso ya que necesitaría un motor reductor más veloz pero que conserve la relación de potencia. Es por esto que, buscando aumentar la velocidad y la capacidad de carga se implementan poleas auxiliares (desviadoras).

Como se ve en la Ilustración 9, la polea desviadora se compone generalmente de una polea en fundición de hierro gris, con dos rodamientos en la manzana y un eje que pasa por los rodamientos; el eje se une a la bancada o se hace un soporte adicional para este sistema que se apoya directamente en la losa del cuarto de máquinas.



**Ilustración 9 Polea desviadora**

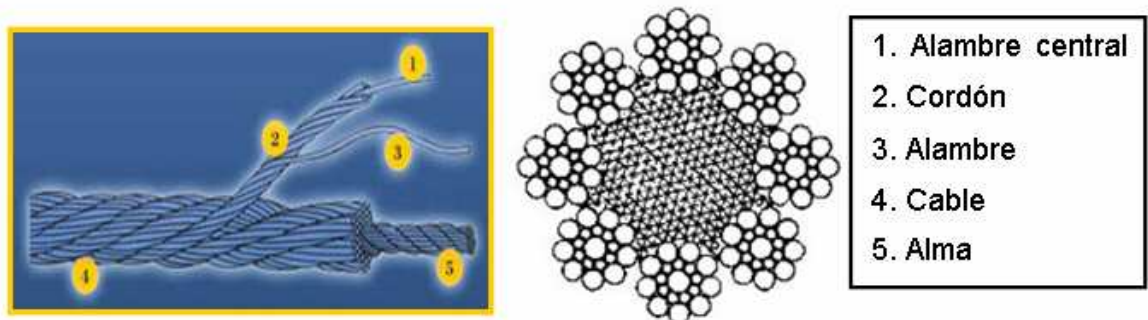
### 1.3.7 Control de Potencia y maniobra

Contiene la lógica de funcionamiento del ascensor, así como las operaciones que debe efectuar para reconocer la posición en todo momento, etc. Es en estos controles en donde está el variador de frecuencia, las tarjetas electrónicas, los microcontroladores, la parte eléctrica de seguridad y control.

### 1.3.8 Cable de tracción

Los cables de tracción son cables de acero compuestos por una determinada cantidad de trenzas de alambre, colocadas en forma helicoidal alrededor de un alma de soporte. Cada una de estas trenzas está conformada por cierta cantidad de alambres colocados en forma helicoidal alrededor de un alambre central.

Existen varias configuraciones de cables de tracción, pero la más utilizada en ascensores es 8 x 19 SEALE ver Ilustración 10. Esta configuración se compone de 8 cordones compuestas de 19 alambres cada una.

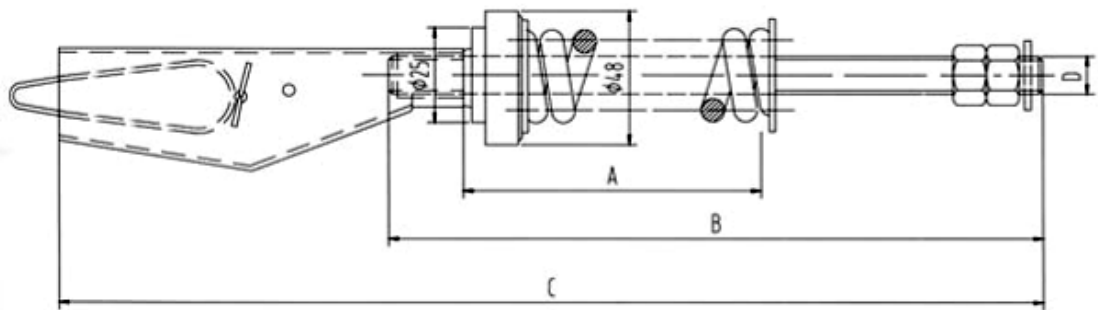


**Ilustración 10 Cable de tracción**

Es importante conocer el tipo de cable que se utiliza porque el fabricante especifica unos criterios como la presión específica máxima que debe tener el cable y esta presión depende de la geometría que tenga la canal de la polea tractora y la carga aplicada en los cables. Adicional a esto, la norma EN-81-1, indica un factor de seguridad mínimo para los cables de tracción. Para ascensores con 3 o mas cables el factor de seguridad es  $f_s=13$ , pero para ascensores con 2 cables el factor de seguridad es  $f_s=16$ .

### 1.3.9 Terminales de cable

Los cables de tracción se sujetan al bastidor de cabina y de contrapeso a través de las terminales de cable, en la Ilustración 11, se muestra la Terminal de cables con el resorte que permite regular la tensión en los cables. La tensión debe ser igual en todos los cables para que el confort sea adecuado y el desgaste de cables sea parejo.



23

**Ilustración 11 Terminal de cable**

---

<sup>23</sup> Xinda Group <http://www.nbx.com/en008.htm> [Consulta: 9-Julio-2006]

### 1.3.10 Bastidor

Estructura que soporta a la cabina o al contrapeso y a la que se fijan los elementos de suspensión. “Esta estructura puede ser una parte constitutiva de la misma cabina”<sup>24</sup>. El bastidor posee las guideras, los componentes de seguridad como timonería y paracaídas, el mecanismo operador de las puertas de cabina.


### 1.3.11 Contrapeso

Lastre empleado para balancear el sistema y disminuir así, la potencia requerida por la máquina de tracción para mover el carro. Su peso total es el peso del carro más el 40 o 50% de la carga nominal.

### 1.3.12 Limitador de Velocidad

Dispositivo mecánico que le entrega al carro una señal para que el paracaídas actúe y detenga el movimiento. Esta señal es entregada una vez el carro haya sobrepasado la velocidad nominal. Está compuesto por:

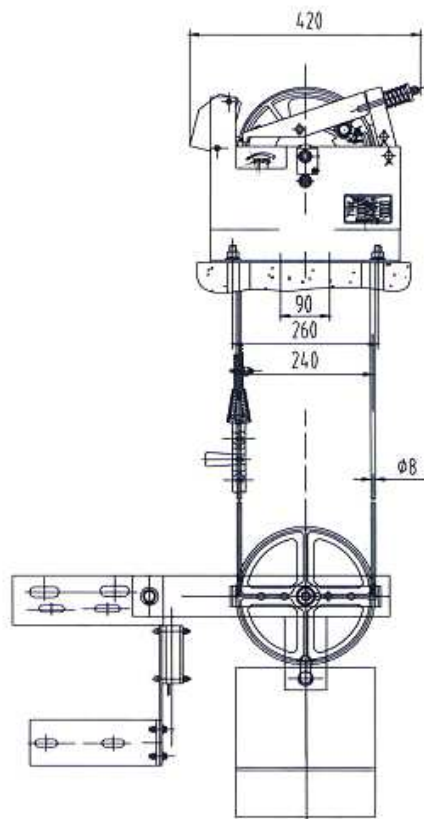
Limitador parte alta. Polea superior ubicada generalmente en el cuarto de máquinas, usualmente tiene un mecanismo centrífugo de bloqueo como se muestra en la Ilustración 12.

 Limitador parte baja. Polea inferior ubicada en pozo, su función es tensionar el cable del limitador.

 Cable del limitador: Cable que une las dos poleas del limitador.

---

<sup>24</sup> MIRAVETE, Op. Cit, p178.



25

#### Ilustración 12 Limitador de velocidad

### 1.4 LA MÁQUINA DE TRACCIÓN Y RELACIÓN CON LA BANCADA

Las máquinas de tracción son la fuerza bruta del ascensor. Es el componente encargado de brindar la fuerza motriz y en parte, según sea la calidad de este componente varía el confort del equipo. Si una máquina no está alineada y ajustada, con los adecuados niveles de vibración, el confort en cabina se puede ver afectado; asimismo como las vibraciones transmitidas al edificio pueden aumentar e incomodar a los usuarios. Compañías multinacionales que venden

---

<sup>25</sup> Xinda Group <http://www.nbx.com/en006.htm> [Consulta: 9-Julio-2006]

ascensores como Otis, Mitsubishi, Thyssen, Kone, LG etc., fabrican sus propias máquinas de tracción. Esto lo pueden hacer porque los ascensores no son su único negocio, poseen diversificación de negocios enfocados en la integración de partes para ascensores y un apalancamiento financiero que soporta los desarrollos de los diferentes frentes. Por ejemplo Thyssen tiene su propio laboratorio de desarrollo de aceros en Francia para múltiples aplicaciones que van desde esculturas con acero NIROSTA hasta el ámbito aeroespacial.<sup>26</sup>

En COSERVICIOS S.A., alguna vez, se fabricaron las máquinas de tracción para los ascensores, pero la compañía se dio cuenta que no era rentable desarrollar esta tecnología en esta unidad de negocio y decidió comprarla a proveedores externos.

Las máquinas de tracción se seleccionan por capacidad de carga, velocidad nominal, potencia, etc. Ver tabla 1. Estos criterios, hacen que para una necesidad específica del cliente se necesite una máquina diferente de las habituales.

Las máquinas de tracción, se pueden establecer por el siguiente esquema:

#### Motores de corriente alterna

- Motores de una velocidad
- Motores de dos velocidades
- Motores con variador de frecuencia

#### Motores de corriente continua con convertidor alterna-continua.

---

<sup>26</sup> ThyssenKrupp AG - Home – Stara, [http://www.thyssenkrupp.com/discover/tk\\_en.htm](http://www.thyssenkrupp.com/discover/tk_en.htm)  
[Consulta: 9-Febrero-2006]

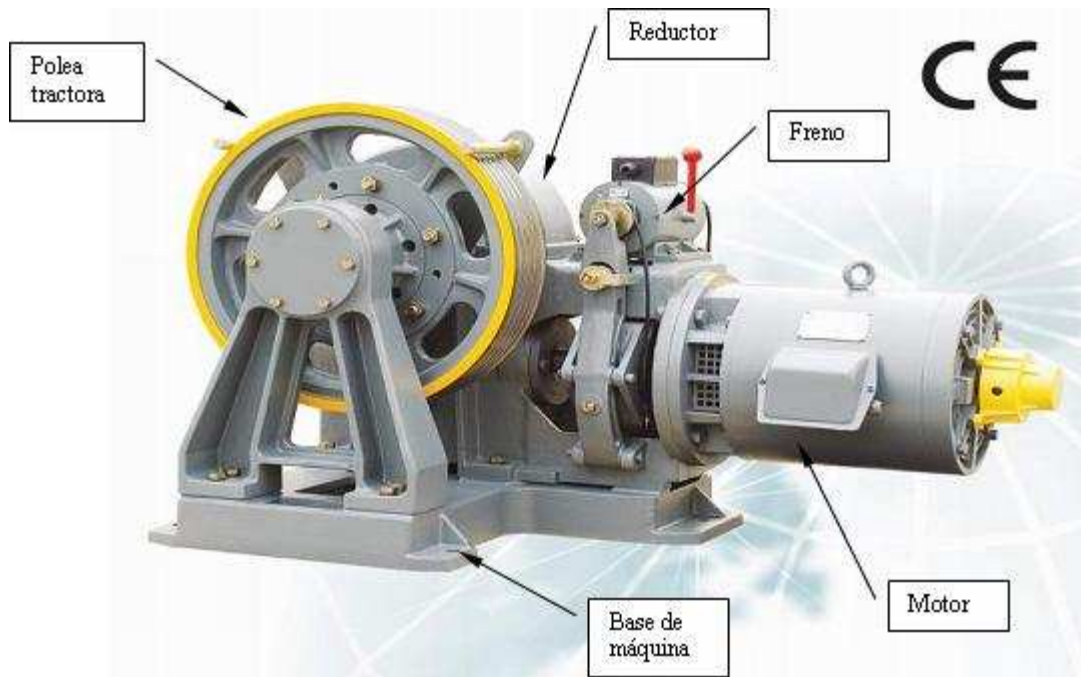
En la Tabla 1, tomada del libro de Miravete, están expresadas las características de los grupos tractores generalmente empleados de acuerdo con la velocidad nominal del ascensor.

**Tabla 1 Grupos tractores utilizados por los aparatos elevadores según su velocidad, tráfico y aplicaciones.**

Clase de instalación	Velocidad nominal m/s	Grupo tractor
Edificios de viviendas bajos	Hasta 0.7 m/s	Con reductor y motor asíncrono de una velocidad
Edificios de viviendas altos y oficinas	Desde 0.7 m/s a 1 m/s	Con reductor y motor asíncrono de dos velocidades
Edificios de oficinas y comerciales, hospitales (monta camillas)	Desde 1 m/s a 2.5 m/s	Con reductor y con variador de frecuencia o motor de corriente continua con convertidor c-a
Edificios de oficinas y comerciales con tráfico intenso	Mayor de 2.5 m/s	Tracción directa y con variador de frecuencia
Almacenes y talleres montacargas o elevadores mixtos de grandes cargas, y a veces, monta camillas de hospitales.	Hasta 0.7 m/s	Con reductor y motor asíncrono de una o dos velocidades o con variador de frecuencia

En la Ilustración 13 se pueden ver las partes generales de una máquina de tracción. La base, tiene unas perforaciones para sujeción que varían de acuerdo a cada modelo y fabricante, tanto en diámetro como en posición. El motor, varía de acuerdo al voltaje que se tenga disponible en la obra y a la potencia requerida para la carga y la velocidad. La polea desviadora trae unos canales para alojar el cable de tracción. Estos canales son calculados bajo la norma EN-81-1 que

cumple con el estándar CE<sup>27</sup> y varían de acuerdo a la capacidad de carga del ascensor y la velocidad del equipo. Modelo de cálculo disponible en el anexo M de la norma EN81-1 “Evaluación de la tracción”.



28

**Ilustración 13 Máquina de tracción.**

---

<sup>27</sup> Las normativas Europeas (EN) son preparadas por el Comité Europeo de Normalización (CEN) bajo los mandatos de la Comisión de la Unión Europea y de la Asociación de Comercio Libre Europeo. La implementación de estas normativas es obligatoria dentro de los estados miembros de la UE. Todos los productos que cumplen estas normativas deben marcarse tanto con CE como con el número estándar pertinente.

<sup>28</sup> Tomada de [http://traction.cn/English/products\\_1.htm](http://traction.cn/English/products_1.htm) [Consulta: 9-Julio-2006]

Los componentes de la máquina de tracción que varían y al hacerlo afectan otros componentes del sistema motriz, son: la polea tractora y la base.

La polea tractora afecta: la polea desviadora, la posición relativa de la caída de cable hacia cabina, el número de cables y su diámetro y la altura total del grupo tractor.

La base perforada de la máquina, es para sujetarse a la bancada o en su defecto para apoyarse directamente a los insonorizadores de bancada. Es variable tanto en número, diámetro y posición horizontal y vertical de las uniones, y espesor de base.

#### 1.4.1 Máquinas actuales de COSERVICIOS S.A.

**Tabla 2 Maquinas de tracción actuales COSERVICIOS S.A .**

**Sólo se consideran máquinas suspensión 1:1 y ubicadas en la parte superior del hueco**

No	Maquina	Velocidades disponibles (min. - máx.) m/s	Carga nominal máxima (Kg. – personas)	Cables de tracción (# de cables x Ø de cable x paso entre cables)
1	Modelo 1 (Ver Ilustración 14)	0,5 – 1 m/s	500 Kg. 6.6 personas	3 x 8 (paso 12)
2				3 x 10 (paso 16)
3				4 x 8 (paso 12)
4				4 x 10 (paso 16)
5				5 x 8 (paso 12)
6				6 x 8 (paso 12)
7	Modelo 2 (Ver Ilustración 15)	0,75 - 1,5 m/s	630 Kg. 8.4 personas	4 x 12 (paso 18)
8	Modelo 3 (Ver Ilustración 16)	1 - 1,75 m/s	800 Kg. 10.6 personas	4 x 12 (paso 18)
9				4 x 13 (paso 20)
10				5 x 12 (paso 18)
11				5 x 13 (paso 20)
12	Modelo 4 (Ver Ilustración 17)	0,5 - 2 m/s	1150 Kg. 15.33 personas	4 x 13 (paso 20)
13				5 x 13 (paso 20)
14				6 x 13 (paso 20)
15	Modelo 5 (Ver Ilustración 18)	1 - 2 m/s	1600 Kg. 21.33 personas	6 x 13 (paso 20)
16				8 x 13 (paso 20)

Estos 5 modelos de máquina tienen varias configuraciones, ya sea por la velocidad o la carga deseada. Estas diferentes configuraciones posibles obligan a que los componentes que van a sujetar la máquina sean modulares, al igual que los componentes que desvían los cables de tracción hacia el contrapeso.

La referencia de máquinas cambió en Marzo de 2006 (en esta fecha se hace el primer pedido de máquinas), obedeciendo a las necesidades del mercado. Se estaban comprando cerca de 18 máquinas diferentes según la velocidad y la carga deseada. Estaba bien especificado qué máquina era para qué aplicación pero las variables (polea tractora y base de máquina) hacían que para cada una de las máquinas se tuviera una configuración, aumentando los costos logísticos, la variabilidad y la falta de flexibilidad corporativa.

Se toma la decisión de seleccionar máquinas más acordes al portafolio de productos y se encuentra un proveedor con una calidad excelente y con las especificaciones esperadas. De ahí nace este trabajo de grado, de la necesidad corporativa de diseñar y fabricar una bancada para las nuevas máquinas. El modelo del ascensor se define con las letras TL al principio (*traction lift*), seguidas del número de personas y luego la velocidad nominal. Los modelos que actualmente ofrece COSERVICIOS S.A. son: TL-4, TL-6, TL-8, TL-10, TL-12, TL-15 y TL-20 (más algunas combinaciones y diseños especiales); si se compara el número de personas en la Tabla 2 con el número de personas nominal de estos modelos, se encuentra una relación directa entre modelo y máquina, adicional a esto, cada modelo de base de máquina corresponde a varias velocidades lo que permite simplificar las variables y establecerlas por rangos.

### 1.4.1.1 Modelo 1

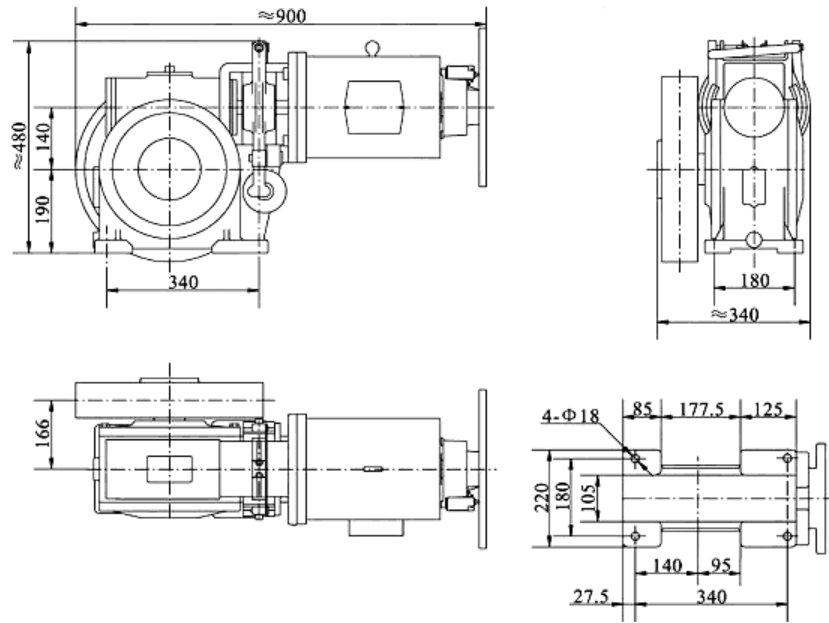


Ilustración 14 Máquina de tracción modelo 1

### 1.4.1.2 Modelo 2

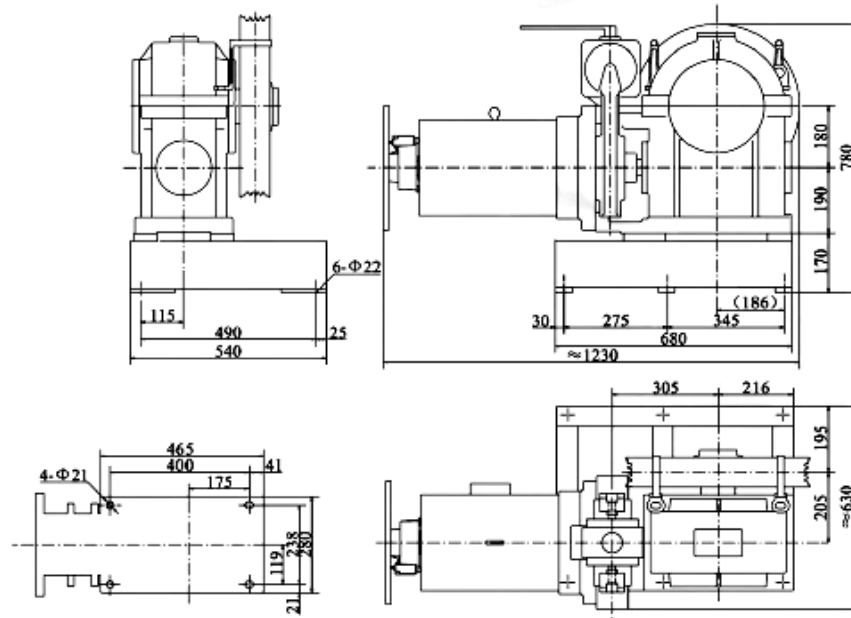


Ilustración 15 Máquina de tracción modelo 2

### 1.4.1.3 Modelo 3

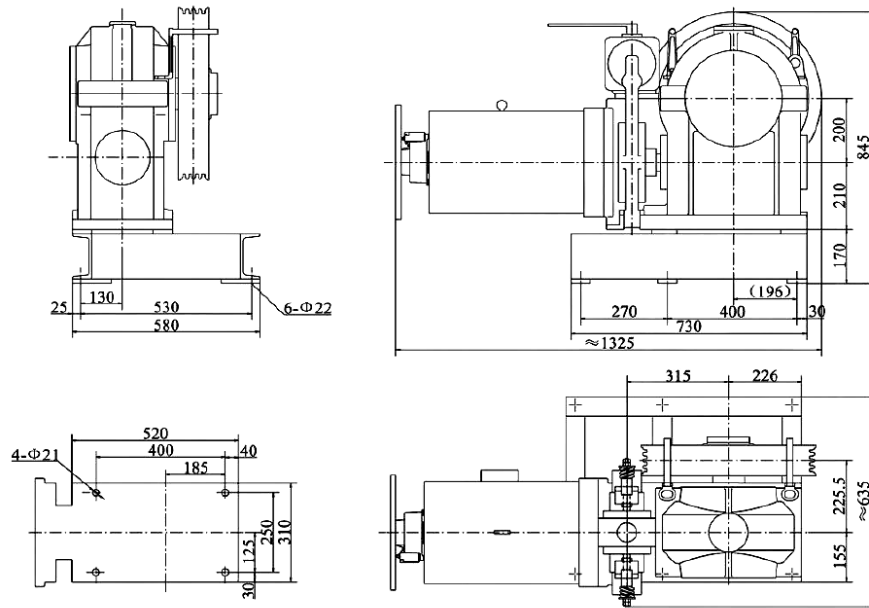


Ilustración 16 Maquina de tracción modelo 3

### 1.4.1.4 Modelo 4

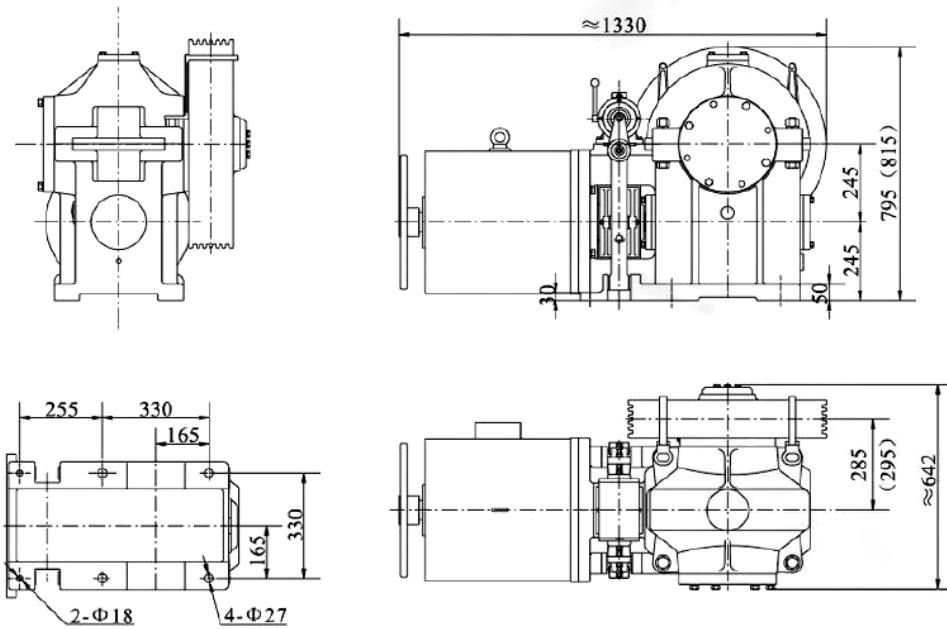
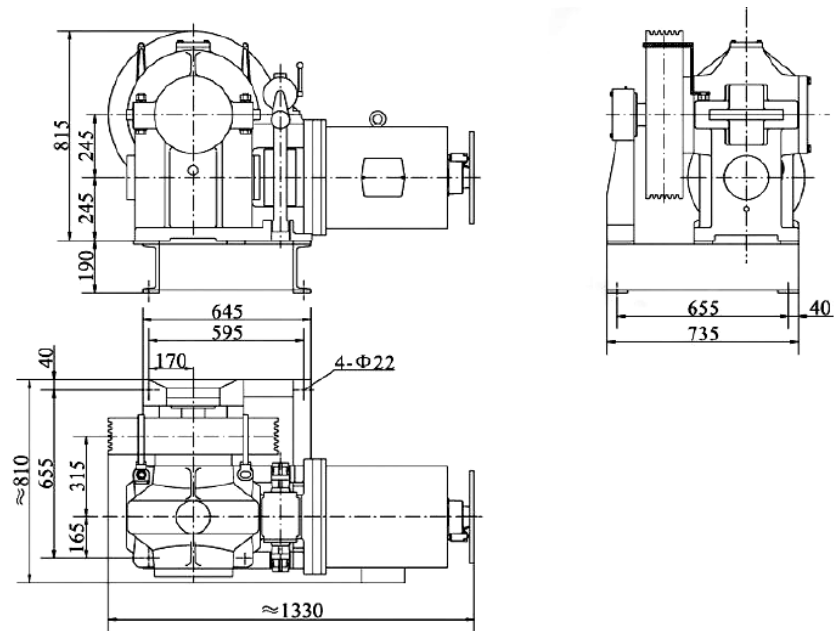


Ilustración 17 Maquina de tracción modelo 4

### 1.4.1.5 Modelo 5



**Ilustración 18** Máquina de tracción modelo 5

## 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Las bancadas en COSERVICIOS S.A.

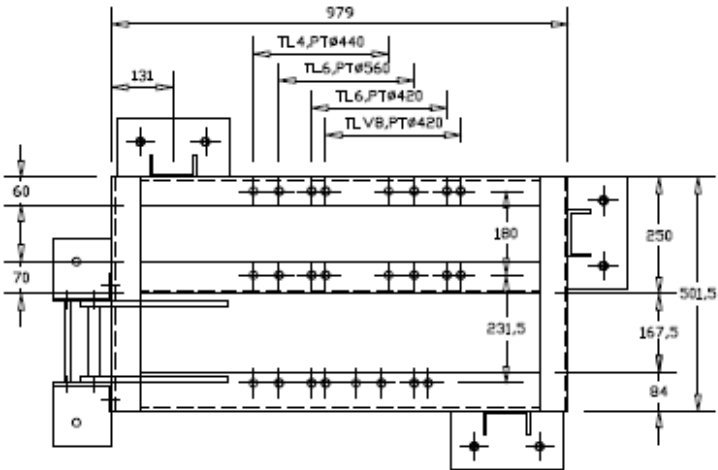
Se han diseñado varias bancadas en COSERVICIOS S.A. de las cuales se mostrará un modelo representativo de cada una, al igual que, en la Tabla 3, se muestra el análisis de los modelos con una descripción de su configuración, material y criterios de diseño empleados.

**Tabla 3 configuración, material y criterio de diseño de bancadas fabricadas en COSERVICIOS S.A.**

<b>BANCADA NUVOA</b> Ilustración 19	CONFIGURACIÓN	Columnas verticales de 750mm de altura apoyada en cauchos sobre la losa de cuarto de máquinas, sin fijación. Polea desviadora fija por medio de unas extensiones de las columnas.
	MATERIAL	Láminas de 6 mm dobladas y punzonadas unidas por medio de soldadura.
	CRITERIO DE DISEÑO	Estandarización por modelos de Ascensor. Era posible porque todas las máquinas tenían la misma base. Se regula la caída de cables desplazando la máquina
<b>BANCADA TW 191</b> Ilustración 20	CONFIGURACIÓN	Columnas verticales de 750mm de altura apoyada en cauchos sobre la losa de cuarto de máquinas, sin fijación. Polea desviadora fija por medio de unas extensiones de las columnas. Ensamble soldado.
	MATERIAL	Láminas de 6mm dobladas y punzonadas unidas por medio de soldadura
	CRITERIO DE DISEÑO	Estandarización por modelos de Ascensor. Era posible porque todas las máquinas tenían la misma base. Se regula la caída de cables desplazando la máquina
<b>BANCADA X</b> Ilustración 21	CONFIGURACIÓN	Se compone de tres niveles unidos por tornillería. El primero, de arriba hacia abajo, es para sujetar la polea desviadora y es un cuerpo soldado. El segundo son dos vigas para darle altura a la máquina y permitir caídas de cable pequeñas y el tercero es el que trae las perforaciones para cada máquina. La bancada cambia de dimensiones tanto en ancho como en fondo según la máquina.
	MATERIAL	Vigas en C, tornillería M20, arandelas inclinadas, chumacera fundida, dampers importados, ángulos comerciales

	CRITERIO DE DISEÑO	Parametrización de componentes. En una hoja en Excel se ingresaban los datos de la bancada y en inventor se ajustaba la modelación. Este diseño hizo que se crearan cerca de 172 códigos porque las vigas no se podían cortar en planta y se tenían que comprar a un proveedor externo ya cortadas. Este diseño contempla que la línea que se forma al unir las poleas vistas desde arriba quede en el medio de los dampers.
<b>BANCADA X</b> <b>soportada en vigas</b> Ilustración 22	CONFIGURACIÓN	Se arma una estructura en el cuarto de máquinas con vigas IPE. Sobre esta se sujetan los dampers y el primer nivel, de arriba hacia abajo, de la bancada que soporta la polea desviadora, colgando. Sobre este se ubica un segundo nivel que es el que trae las perforaciones para sujetar la máquina.
	MATERIAL	Vigas en C, tornillería M20, arandelas inclinadas, chumacera fundida, dampers importados, ángulos comerciales, vigas en I (IPE)
	CRITERIO DE DISEÑO	Similar al de la bancada X pero nunca se parametrizó. Sólo se utilizaba en los equipos especiales. Este diseño contempla que la línea que se forma al unir las poleas vistas desde arriba quede en el medio de los dampers.

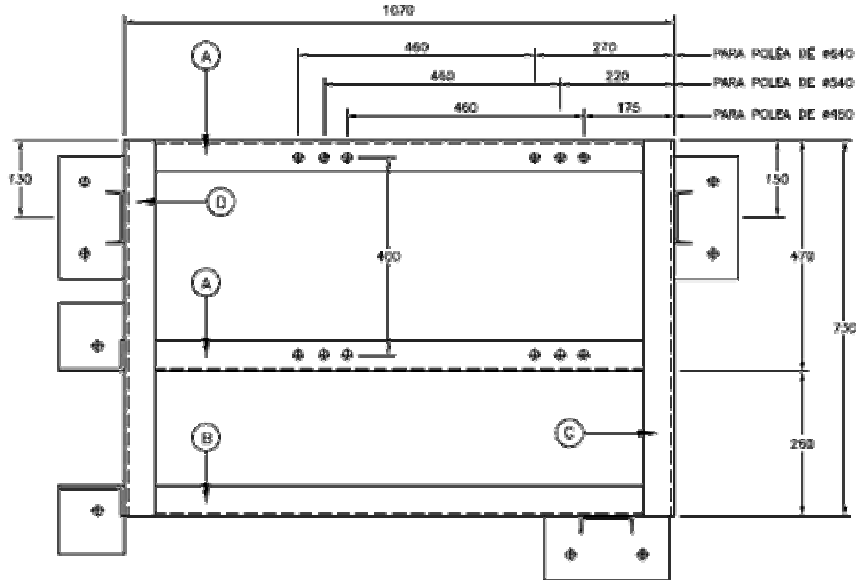
2.1.1 Bancada Nuvoa



TL4 POLEA TRACTORA Ø440  
 TLV8 POLEA TRACTORA Ø420  
 TL6 POLEA TRACTORA Ø560,Ø420

Ilustración 19 Bancada Nuvoa

2.1.2 Bancada TW-191



W 191 CON POLEA TRACTORA DE 640 mm

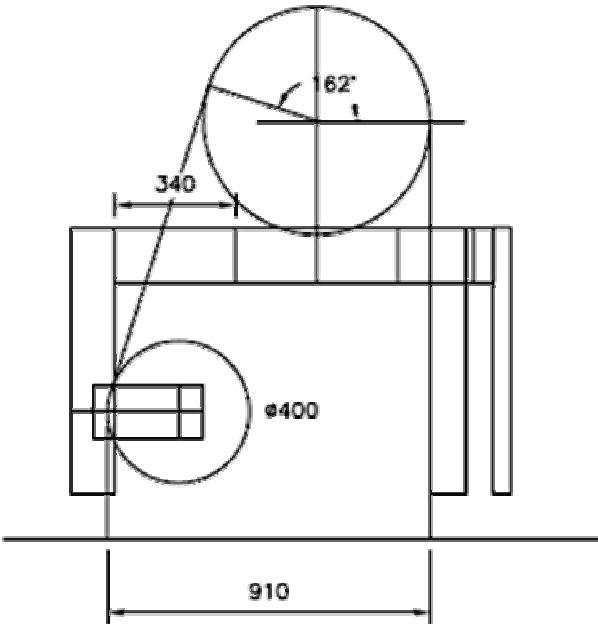


Ilustración 20 Bancada TW-191

2.1.3 Bancada X

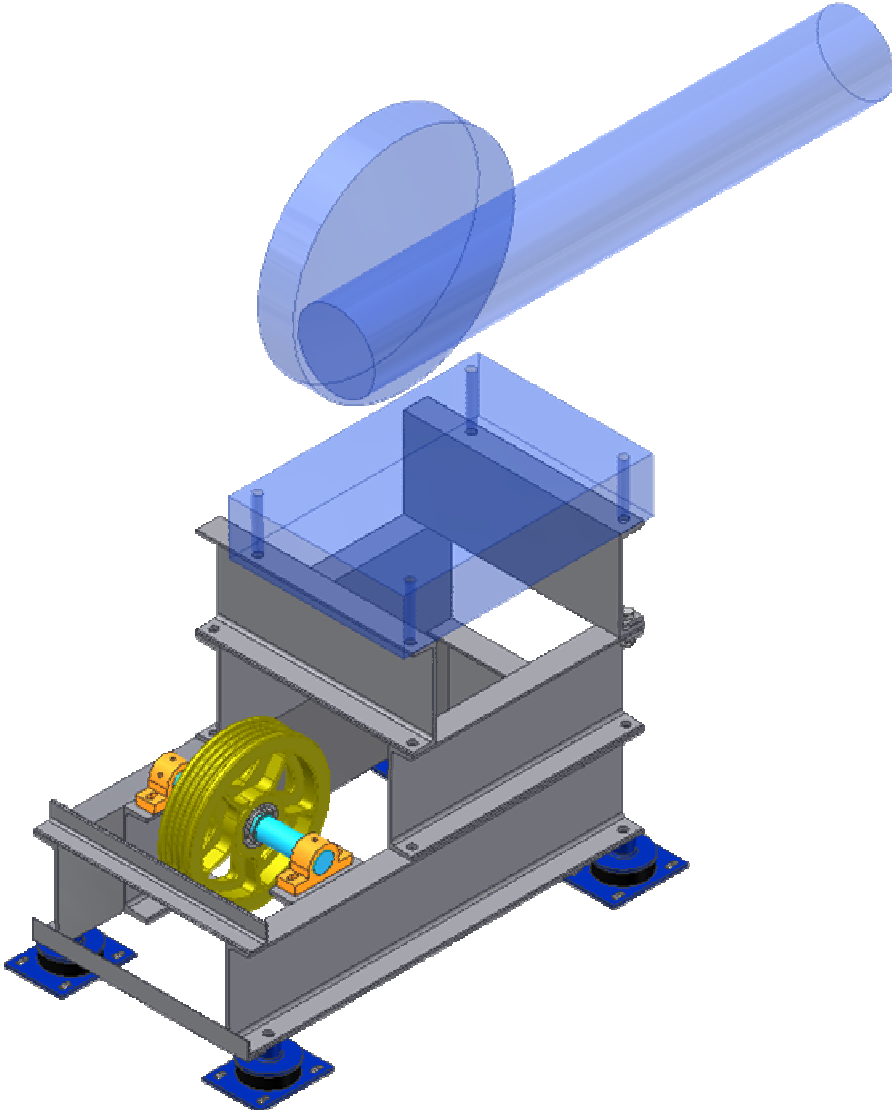


Ilustración 21 Bancada X

2.1.4 Bancada X soportada en vigas

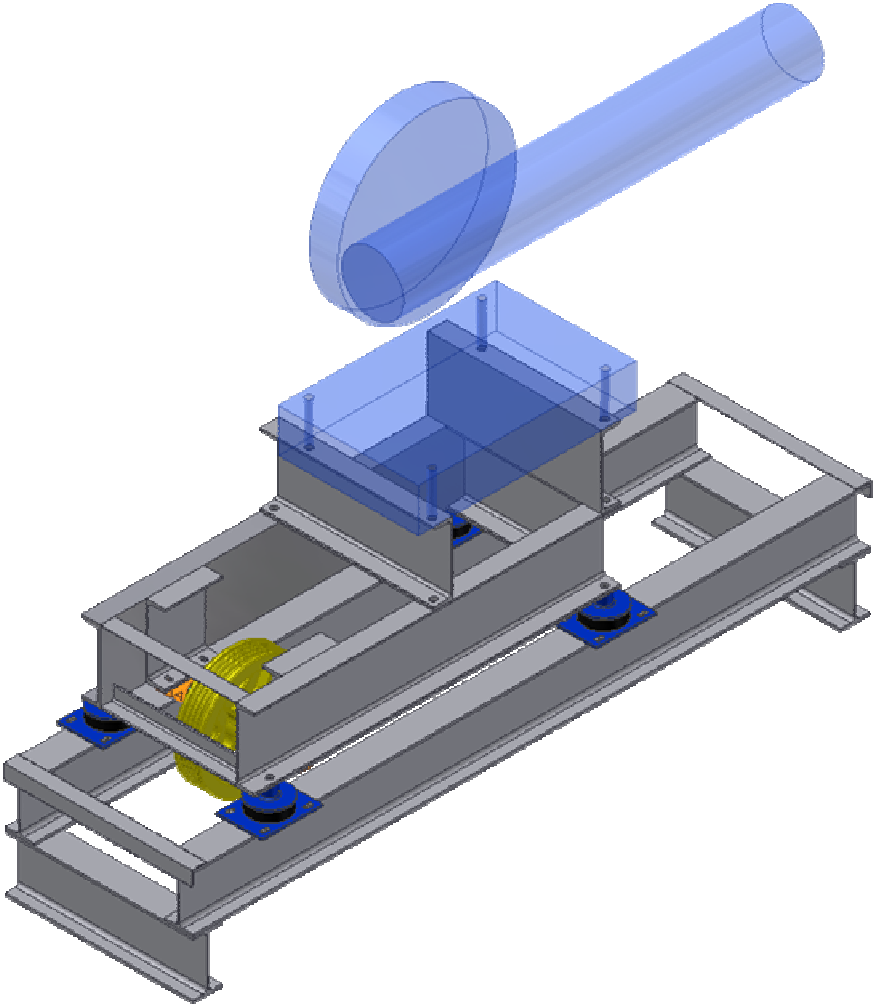


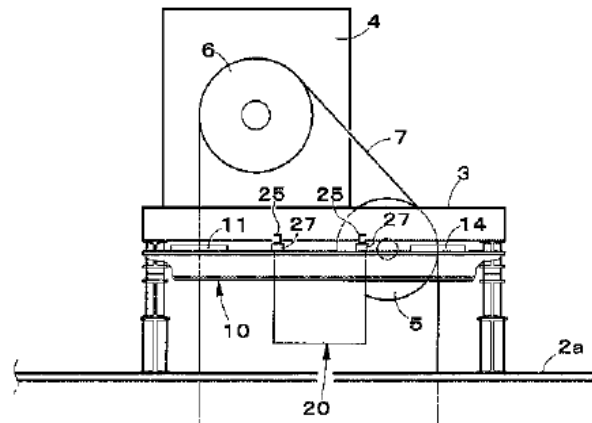
Ilustración 22 Bancada X soportada en vigas

## 2.2 LAS BANCADAS EN EL MUNDO

Se enuncian sólo para referencia las bancadas de otras marcas en el mundo.

### 2.2.1 Toshiba Elevator CO LTD

【図2】



【図3】

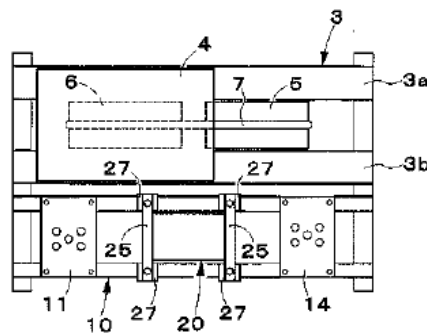
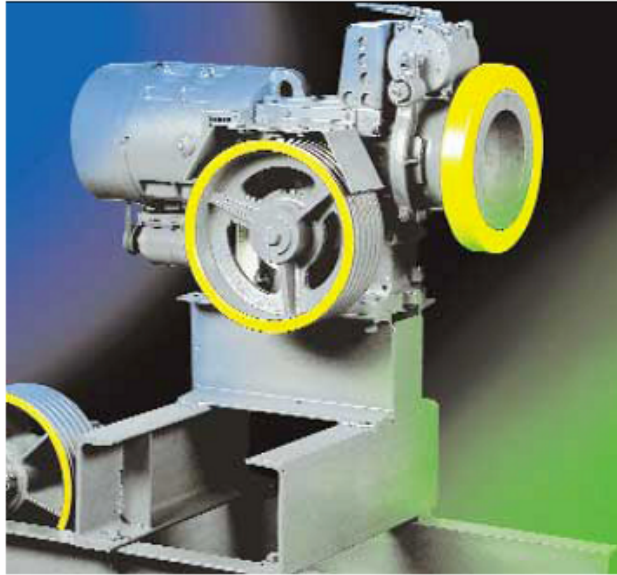


Ilustración 23 Bancada Toshiba Elevador CO LTDA

Apparatus arrangement structure of elevator machine room <sup>29</sup>

<sup>29</sup> Scirus, for scientific information only. <http://www.scirus.com> [consulta: 21 Enero 2006]

## 2.2.2 KONE Elevator Company

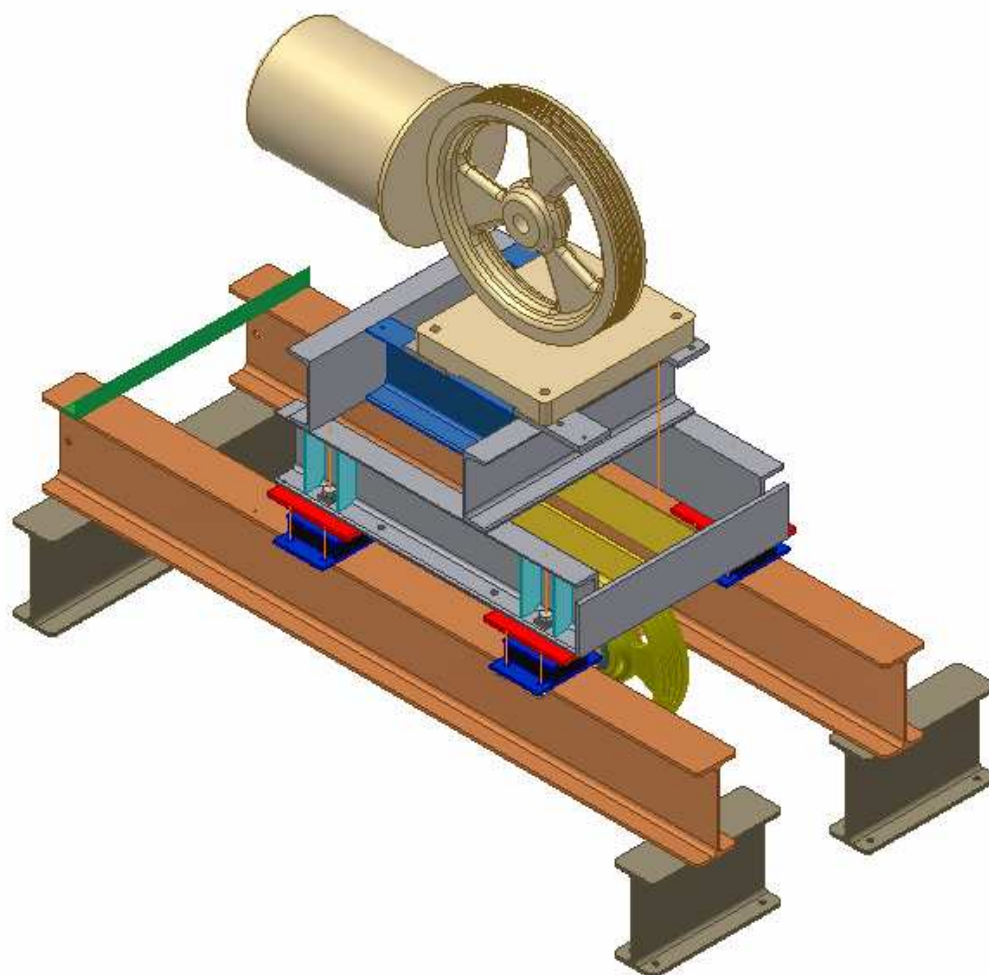


**Ilustración 24 Bancada KONE 30**

---

<sup>30</sup> KONE, [www.kone.com/static/ImageBank/GetFile\\_pdf/0..fileID=98829.00.pdf](http://www.kone.com/static/ImageBank/GetFile_pdf/0..fileID=98829.00.pdf) [consulta: 2 Marzo 2006]

### 2.2.3 Compañía F



**Ilustración 25 Bancada compañía F.**

2.2.4 WITTUR

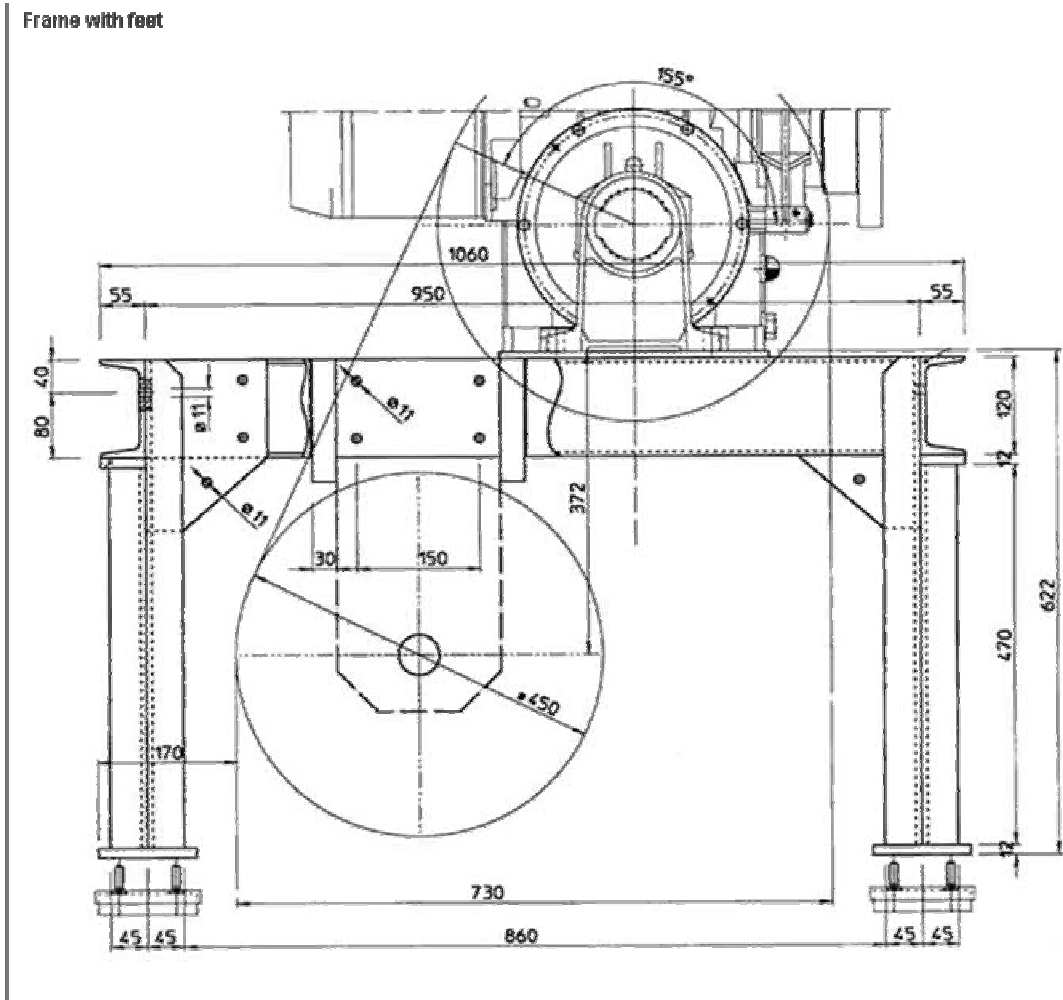


Ilustración 26 Bancada Wittur 31

---

<sup>31</sup> WITTUR, components and systems, products, planetary drive units, machine frame. <http://www.wittur.com/IN/INtemplates/IN1PUB/default.asp?part=PRODUCTS> [consulta: 13 Marzo 2006]

## 2.2.5 Mitsubishi



**Ilustración 27 Bancada Mitsubishi**

2.2.6 Bancada LG



Ilustración 28 - Bancada LG

### 3. JUSTIFICACION

Actualmente en COSERVICIOS S.A. hay 23 modelos de bancadas estándar y se deben diseñar 4 bancadas especiales mensuales en promedio; desde el 10 de febrero de 2005 hasta el 26 de abril de 2006, se diseñaron 55 bancadas especiales. Esto se debe a que cuando la caída de cables o la maquina cambian, con el diseño actual de bancada, ingeniería debe entregar planos a producción para proceder a su fabricación, compra de materiales, costeo, etc. Adicional a esto, no hay criterios claros de diseño para este componente, lo que hace que cada vez quede “diferente”, o haya que volver a verificar la estabilidad estructural del componente sobre el tiempo. Es por esto que COSERVICIOS S.A. necesita que la bancada tenga una menor cantidad de modelos y permita disminuir la cantidad de diseños especiales para así aumentar la productividad.

En la bancada que se utiliza hoy en día se utilizan muchas referencias de productos en proceso (aproximadamente 168) lo que hace que la logística sea complicada y con detallados controles de calidad, más aún cuando un alto porcentaje de estos productos en proceso son realizados por terceros. En este caso, si se diseñan componentes modulares, en vez de 1 sólo gran producto terminado, se pueden lograr más combinaciones con menos productos en proceso, reduciendo así el número de variables a controlar.

Si lo miramos desde otra perspectiva, cada cliente tiene una necesidad diferente cuando compra un ascensor (diferentes espacios, velocidades, acabados, usos, etc.) y es por esto que se deben diseñar y estandarizar componentes individuales que sean modulares para poder armar (como si fuera un lego) los componentes funcionales del ascensor. Se deben identificar las variables de cada sistema funcional e identificar los portadores de cada función. Posteriormente definir las fronteras entre portadores de funciones (como se comunican las partes físicas),

para que al implementar una de las variables del sistema en un portador de función, este pueda incorporarse al sistema sin afectar los demás componentes.

Este diseño por componentes permite tener flexibilidad en la producción y poder hacer reingeniería en pequeños sistemas para hacer mejoras al producto de una manera más eficiente. El diseño de una nueva bancada, permite incluir este principio de modularidad y le brinda a COSERVICIOS S.A. la posibilidad de tomar este proceso de diseño de ejemplo para construir un “método de diseño”<sup>32</sup> de componentes de ascensor

Debido al cambio de referencias de máquinas, es necesario generar los nuevos diseños de bancada para cada máquina y modelo de ascensor, teniendo presente la polea tractora de cada máquina y su base. Se presenta entonces la oportunidad de realizar el diseño de la bancada aplicando metodologías de diseño como DFMA (*design for manufacture and assembly*)<sup>33</sup> y utilizando herramientas computarizadas como CAD/CAE (diseño e ingeniería asistidos por computador).

### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una bancada modular y estándar para ascensores a tracción con cuarto de máquinas sobre el hueco, que permita ajustar la caída de cables según el modelo y que esté apoyada en los muros perimetrales del hueco.

---

<sup>32</sup> “Los métodos de diseño son todos y cada uno de los procedimientos, técnicas, ayudas o “herramientas” para diseñar.” CROSS, Nigel.

<sup>33</sup> Metodología que consiste en considerar los procesos de manufactura y ensamble durante el diseño para garantizar la calidad del producto y la disminución de recursos para producirlo.

### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✚ Documentar el proceso de diseño de un componente del ascensor para tener un modelo base que por medio de generalizaciones permitan construir un método de diseño de componentes de ascensor aplicable a la empresa COSERVICIOS S.A.
- ✚ Aplicar los software CAD-CAE en el diseño de la bancada, para potencializar el uso de estas herramientas ya adquiridas por COSERVICIOS S.A., por medio de modelación 3D de todos los componentes de la bancada, análisis de peso, automatización de algunas partes de los planos, análisis estructural de la bancada y manejo de presentaciones.
- ✚ Fabricar un prototipo de la nueva bancada para instalarla en condiciones reales de funcionamiento, utilizando las maquinas herramientas de COSERVICIOS S.A.
- ✚ Instalar el prototipo de la nueva bancada en la torre de pruebas de COSERVICIOS S.A. para verificar si las tolerancias de ajuste y la forma de instalación son acordes a lo requerido por el elevador, utilizando el ascensor de 750Kg y 1.75m/s actualmente instalado.
- ✚ Probar el diseño en la torre de pruebas de COSERVICIOS S.A., para hacer recomendaciones de optimización del diseño, usando la bancada en condiciones normales de funcionamiento.

### 3.3 REQUERIMIENTOS DE LOS CLIENTES

A pesar de que muchos de los productos que el IDP realiza están orientados a productos de consumo, en donde el usuario hace parte de un segmento de mercado, también puede diseñar productos para satisfacer los clientes internos. El

concepto de cliente externo y cliente interno difiere en que uno paga por el producto y el otro utiliza el producto como entrada para poder realizar su trabajo.

Aún así, ambos tienen necesidades y deseos que se traducen en requerimientos técnicos, que son la entrada para el proceso de diseño de productos.

En el caso concreto de la bancada, ni los usuarios finales del ascensor, ni el comprador del ascensor, son conscientes de las variables de este tipo de componentes. Para ellos, simplemente son componentes suministrados por parte de COSERVICIOS S.A. y que en el ascensor como conjunto debe funcionar muy bien.

Pero entonces, quienes son los “clientes” de la bancada. En COSERVICIOS S.A., como en muchas otras empresas, ingeniería genera información, compras adquiere los materiales, producción fabrica, almacén los empaca y despacha e instalaciones los pone en marca. Los clientes, entonces, son todos los procesos de la compañía que utilizan este producto y sus sub-productos (información).

### 3.3.1 Compras

El proceso de compras necesita toda la información referente a las especificaciones técnicas de los materiales, referencias comerciales, posibles proveedores, planos de piezas que requieran fabricación especial y la explosión de materiales (*Bill of materials* -BOM) detallada.

Como bases de diseño se tienen:

- 🚦 Utilizar componentes comerciales a nivel nacional y sólo en casos estrictamente necesarios utilizar fabricaciones especiales por terceros.
- 🚦 Minimizar el número de componentes importados.

- ✚ Realizar componentes modulares que simplifiquen el consolidado de compras.
- ✚ Que con pocas referencias de ítems comprados se puedan realizar varias referencias de productos terminados.

### 3.3.2 Producción

El proceso productivo necesita los planos de los componentes a fabricar, la ruta de producción (los procesos que necesita cada parte), cada parte codificada en el sistema corporativo (tanto el plano, el producto en proceso y la pieza terminada), instructivos de ensamble (cuando se ensambla en planta) y la explosión de materiales (*Bill of materials*-BOM) detallada.

Como bases de diseño se tienen:

- ✚ Diseñar componentes que se puedan fabricar con las máquinas-herramientas actuales.
- ✚ Diseñar componentes que sean modulares para que se aumenten los lotes de producción por parte y se disminuyan los tiempos totales de producción por componente.
- ✚ Se desea que los componentes se puedan fabricar en los procesos que son susceptibles de automatización.
- ✚ Disminuir el número de referencia de partes a producir.
- ✚ Ensamblar en planta solamente los componentes que puedan afectar la seguridad de los usuarios.
- ✚ Se desea que los componentes sean manipulables por una sola persona.

- ✚ Los componentes deben poderse consolidar en un listado de producción.
- ✚ Todas las partes que se necesiten pintar con pintura electrostática en polvo deben tener como mínimo una perforación de 10 mm de diámetro.

### 3.3.3 Almacén

El proceso de almacén es el encargado de recibir, clasificar y empaquetar los productos. Para esto necesita el peso de los componentes, las dimensiones generales, precauciones necesarias en la manipulación y el transporte, cada parte codificada en el sistema corporativo para poder controlar el inventario.

Como bases de diseño se tienen:

- ✚ Se desea que los componentes sean manipulables por una sola persona.
- ✚ Almacén debe poder reasignar componentes de un pedido a otro en forma autónoma.
- ✚ Los componentes almacenados deben ocupar el mínimo espacio posible.
- ✚ La tornillería debe conformarse como *kit*, para simplificar el *picking*<sup>34</sup> y el control.

---

<sup>34</sup> El picking es la actividad de separar el material dentro del almacén para luego ser despachado a una obra.

### 3.3.4 Instalaciones

El proceso de instalaciones recibe los componentes y los debe ensamblar y poner en marcha en la obra. Para esto necesita un manual de instalación (el cual no hace parte del alcance de éste trabajo) con instrucciones precisas, el listado de herramientas necesarias para instalar la bancada, un listado de verificación (para ver si con lo que almacén le envió, puede instalar la bancada requerida para esa obra), tolerancias permitidas e instrucciones de ajuste y verificación de “correcta instalación”

Como bases de diseño se tienen:

- ✚ Apoyar la bancada en los muros perimetrales del hueco del ascensor.
- ✚ Poder ajustar la caída de cables en obra de acuerdo a las condiciones de la obra
- ✚ Disminuir la altura del grupo motriz actual, para poder disminuir la altura del cuarto de máquinas.
- ✚ Poder nivelar la máquina en obra, (a veces la losa no es completamente horizontal y es necesario nivelar el sistema tractor).
- ✚ Poder alinear la polea desviadora con la polea tractora en obra.

### 3.4 BENEFICIOS ESPERADOS

El objetivo académico del trabajo de grado de un IDP es “integrar los factores de diseño, procesos, mercado y contexto. Así mismo, el aprendizaje de métodos, la configuración de los mismos dentro de una metódica y los estudios metodológicos.

Comprende además la identificación de problemas y el desarrollo específico de capacidades de solución así como el manejo de todas las actividades intermedias bajo la organización de un proyecto. Pretende que el Ingeniero de Diseño sea precisamente eso desde la praxis del diseño.”

El objetivo corporativo de este trabajo de grado es documentar el diseño de la bancada y generar las premisas de diseño para futuros casos. Adicional a esto entregar la información que cada “cliente” necesita para que el proceso funcione adecuadamente. Al documentar el proceso de diseño de este componente se puede, por medio de generalizaciones, construir un método de diseño de componentes de ascensor aplicable a la empresa COSERVICIOS S.A utilizando herramientas de diseño como DFMA y CAD/CAM/CAE.

#### 3.4.1 Factibilidad Técnico-Económica

Para el desarrollo técnico del proyecto se tiene software CAD/CAE (Autodesk inventor Professional v11 / ANSYS), asesoría de A-MAQ (análisis de maquinaria) y literatura especializada.

Para el desarrollo económico del proyecto, COSERVICIOS S.A. asume los costos de fabricación e instalación de modelos y prototipos. También asume el costo de los recursos informáticos y de espacio físico.

#### 3.4.2 "Relevancia práctica, económica y técnica"

Actualmente el tiempo de diseño para una bancada es de 10 horas. Este diseño especial es, en la mayoría de los casos, para modificar la caída de cables. Ahora bien si se realiza una bancada con la caída de cables ajustable, se logra eliminar este tiempo de diseño y la función de verificación de cada equipo en cuanto a este tema. Además simplifica la función de almacén porque no tiene que controlar esta variable a la hora de despachar y disminuye la probabilidad de error.

La compañía tomó la decisión de cambiar las referencias de máquinas de tracción y por consiguiente, la bancada debe cambiar y ser instalable de acuerdo a las nuevas referencias de máquinas con sus especificaciones de cables, base de máquina y condiciones de espacio. El ascensor tiene que funcionar y sin este componente no es posible. Además, si el diseño es modular, se pueden atender proyectos que sufren modificaciones en tiempo o especificaciones con mayor flexibilidad y sin perder el trabajo realizado.

Adicional a esto, la bancada que actualmente se está instalando necesita una losa reforzada en el cuarto de máquinas; en el caso hipotético y poco factible de que esta falle todo el equipo se desplomaría. La bancada es el componente que carga el equipo completo y por ende se relaciona con la seguridad de las personas que hacen uso del equipo.

El diseño propuesto no se apoyaría en la losa del cuarto de máquina sino en los muros perimetrales del hueco del ascensor, teniendo toda la altura del hueco para cargar el peso del equipo. De esta manera se reducen las especificaciones de la obra civil y se garantiza la seguridad. Otra mejora técnica es el control de las vibraciones transmitidas al edificio. Si la bancada se apoya en la losa, la losa se puede comportar como una membrana que amplifica las vibraciones y las transmite al edificio y al carro. Si la bancada se apoya en los muros perimetrales, las vibraciones en el eje vertical se transmiten tal cual se generan sin ninguna amplificación.

Al quedar la bancada apoyada en los muros perimetrales del hueco, la losa que se construye en el cuarto de máquinas se puede vaciar luego de instalada la bancada, lo que permite que la máquina se suba por el hueco del ascensor hasta el cuarto de máquinas, disminuyendo los riesgos de accidente al subirla por las escaleras.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 CÁLCULO DE TRACCIÓN

Uno de los temas que se deben estudiar para diseñar ascensores, es el sistema de tracción. Es importante resaltar que, aunque en COSERVICIOS S.A. no se diseñan las máquinas de tracción ni las poleas tractoras, hay que saber evaluar la adherencia de los cables y que factores la afectan.

Como referencia se debe tomar literatura especializada de ascensores al igual que la norma. Ver “Anexo 2 - Cálculo de tracción”, en donde están extractos referentes al cálculo de tracción de los libros de:

JANOVSKÝ, Lubomir. Elevator Mechanical Design: Principles and Concepts. Ellis Horwood Limited. Chichester 1987. p. 42-73

MIRAVETE, A. LARRODÉ, E. El Libro del Transporte Vertical. INO Reproducciones, S.A. Zaragoza 1996. p. 135-148 Y p. 155-156

AENOR. Reglas de Seguridad para la Construcción e Instalación de Ascensores. EN 81-1:1998. Madrid 2001.p. 46 y p. 164-170.

#### 4.1.1 Cálculo de ángulo de abrazamiento

El ángulo de abrazamiento se construye a partir de los puntos en donde el cable y polea tractora se separan. En cada uno de estos puntos de tangencia se traza una línea perpendicular al cable hasta el centro de la polea y el ángulo que se forma entre estas líneas es el ángulo de abrazamiento. Este valor es muy importante para poder garantizar la tracción.

Para determinar el mínimo ángulo de abrazamiento ( $\alpha$ ) que puede tener un ascensor en particular, de manera que se garantice la tracción, es necesario tener en cuenta:

- ✚ La geometría de la canal de la polea tractora
- ✚ La caída de cables
- ✚ La distancia vertical entre polea tractora y desviadora
- ✚ Los diámetros de las poleas
- ✚ La tensión de los cables de contrapeso y de cabina
- ✚ La velocidad y deceleración
- ✚ El desgaste de la polea tractora.
- ✚ El factor de rozamiento ( $f$ ) entre el cable y la polea tractora

Las tensiones se calculan con los pesos de los componentes del ascensor y la capacidad de carga y el factor de rozamiento se calcula con la geometría de la canal de la polea tractora y el coeficiente de rozamiento ( $\mu$ ).

Utilizando la fórmula de Euler (Ecuación 1), se logra despejar en términos del ángulo de abrazamiento de manera que se pueda determinar el mínimo en radianes ( $\alpha$ ) para cada modelo en particular (Ecuación 2).

**Ecuación 1 – fórmula de Euler**

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f\alpha}$$

Donde  $T_1/T_2$  es la relación entre la carga estática mayor ( $T_1$ ) y menor ( $T_2$ ). Esta relación tiene que evaluarse en la condición de carga más desfavorable.

Las dos posiciones más desfavorables para que pueda haber peligro de deslizamiento son: cuando la cabina está cargada (con el 125% de la carga) llegando a la primera parada y cuando la cabina está descargada llegando a la última parada. (ver Ilustración 29).

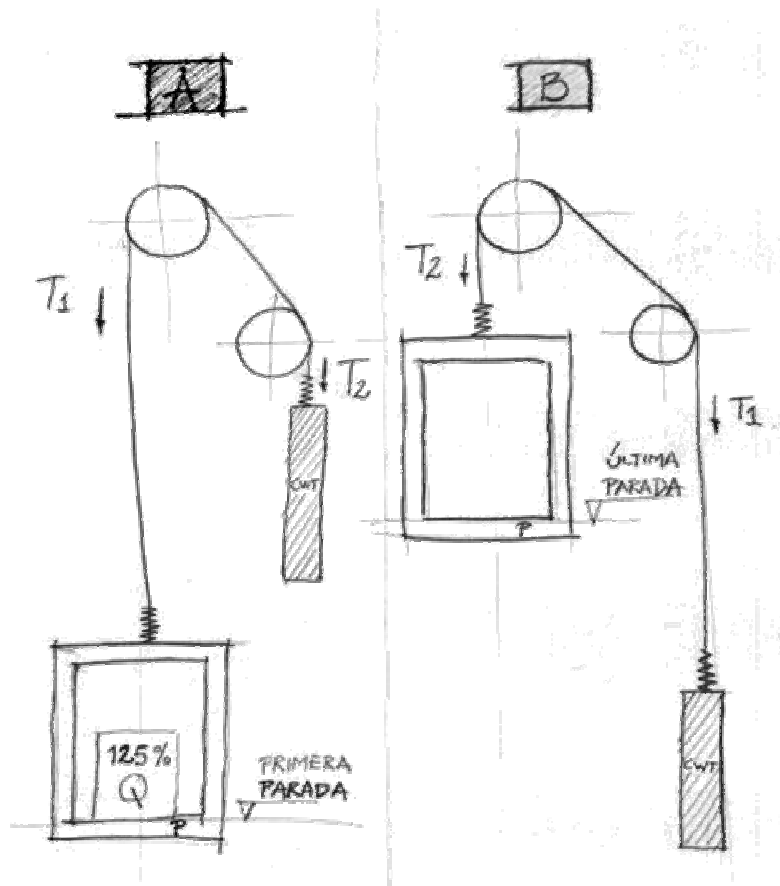


Ilustración 29 Posiciones más desfavorables para que pueda haber peligro de deslizamiento

## Ecuación 2 – Ángulo de abrazamiento mínimo

$$\alpha_{\min} = \frac{\ln\left(\frac{T_1}{T_2}\right)}{f}$$

### 4.1.2 Cálculo de distancia vertical entre poleas

El ángulo de abrazamiento está condicionado por la altura que tenga entre las poleas tractora y la desviadora (h), al igual que la caída de cables. Uno de los objetivos es minimizar la altura del cuarto de máquinas, y esta dimensión es directamente proporcional a la distancia vertical entre poleas (h). Para esto, utilizamos la fórmula (2.68) del libro de MIRAVETE, A, p. 156 (Ecuación 3) y la despejamos en términos de h (Ecuación 4).

### Ecuación 3 - Geometría de poleas de tracción y de desvío

$$\begin{aligned} \operatorname{sen}\phi &= \frac{l\sqrt{l^2 + h^2 - (R_s - R_p)^2} - h(R_s - R_p)}{l^2 + h^2} \\ \rightarrow \frac{[\operatorname{sen}\phi(l^2 + h^2) + h(R_s - R_p)]^2}{l^2} &= l^2 + h^2 - (R_s - R_p)^2 \\ \rightarrow \frac{[(l^2 - h^2)(\operatorname{sen}\phi)]^2 + 2(l^2 + h^2)(\operatorname{sen}\phi)h(R_s - R_p) + [h(R_s - R_p)]^2}{l^2} &= l^2 + h^2 - (R_s - R_p)^2 \\ \rightarrow (l^2 + h^2)^2(\operatorname{sen}\phi)^2 + 2h(l^2 + h^2)(\operatorname{sen}\phi)(R_s - R_p) + h^2(R_s - R_p)^2 &= l^2(l^2 + h^2) - l^2(R_s - R_p)^2 \\ \rightarrow (l^2 + h^2)(\operatorname{sen}\phi)^2 + 2h(\operatorname{sen}\phi)(R_s - R_p) + (R_s - R_p)^2 &= l^2 \\ \rightarrow l^2(\operatorname{sen}\phi)^2 + h^2(\operatorname{sen}\phi)^2 + 2h(\operatorname{sen}\phi)(R_s - R_p) + (R_s - R_p)^2 &= l^2 \\ \rightarrow (h(\operatorname{sen}\phi) + (R_s - R_p))^2 &= l^2 - l^2(\operatorname{sen}\phi)^2 \\ \rightarrow (h(\operatorname{sen}\phi) + (R_s - R_p))^2 &= l^2[1 - (\operatorname{sen}\phi)^2] \\ \rightarrow h(\operatorname{sen}\phi) + (R_s - R_p) &= l\sqrt{1 - (\operatorname{sen}\phi)^2} \end{aligned}$$

**Ecuación 4 - Altura mínima necesaria entre polea tractora y desviadora**

$$\therefore h = \frac{l\sqrt{1 - (\text{sen}\phi)^2} - (R_s - R_p)}{(\text{sen}\phi)}$$

Donde h es la distancia vertical entre centros poleas, l la distancia horizontal entre centros de poleas y  $\Phi$  es el ángulo suplementario del ángulo de abrazamiento ( $\alpha$ ), es decir que sumados forman 180°.

**4.1.3 Presión específica en el cable**

Es importante calcular la presión específica de los cables sobre la polea tractora para evitar el desgaste y la reducción de la vida útil, tanto de la polea tractora como de los cables.

Para calcular la presión específica ( $p$ ) se necesita conocer la geometría de la polea tractora y la tensión estática del cable (la mayor de los casos desfavorables).

Este valor de  $p$  no debe superar el valor estipulado en la normativa BS 5655 (ver Ecuación 5). Ese valor máximo varía que varía de acuerdo a la velocidad y en la Tabla 4 está el valor máximo de la presión específica de acuerdo a la velocidad.

**Ecuación 5 – Presión específica máxima de los cables sobre la polea tractora**

$$p \leq \frac{12.5 + 4v_c}{1 + v_c}$$

**Tabla 4 Valor máximo de la presión específica de acuerdo a la velocidad**

<b>Máxima presión específica en los cables</b>	
<b>Vc (m/s)</b>	<b>Pmáx. (MPa)</b>
0,50	9,67
0,63	9,21
0,75	8,86
1,00	8,25
1,20	7,86
1,50	7,40
1,60	7,27
1,75	7,09
2,00	6,83

#### 4.2 CALCULO DE PERFILES ESTRUCTURALES

Para el diseño de la bancada, se debe considerar el cálculo de perfiles estructurales especialmente el de vigas. El cálculo de columnas no aplica para este diseño porque no hay ningún elemento que tenga longitud mayor a diez (10) veces su longitud transversal menor.<sup>35</sup>

El cálculo de vigas se aplica para los perfiles que atraviesen el cuarto de máquinas, que estén sometidas a “cargas transversales aplicados en el centro de corte de la sección transversal y/o a momentos flectores aplicados sobre cualquier plano que contenga el eje longitudinal de la viga”<sup>36</sup>.

---

<sup>35</sup> PÉREZ, Hernán David. Aplicaciones de la Mecánica de Materiales. Medellín: Editorial UPB, 1997. p88

<sup>36</sup> Ibíd.. p40

Este cálculo, requiere que se utilicen tres criterios para la selección adecuada de la viga: el criterio de resistencia, el criterio de estabilidad y el criterio de rigidez; se utilizan normativas establecidas como el CCCSR<sup>37</sup> y se debe seleccionar la opción más liviana entre las que cumplen los criterios de selección.

El cálculo de vigas también se aplica para los perfiles que transmiten la carga al edificio.

En el Anexo 3 - Cálculo de perfiles estructurales, están los extractos de los modelos de cálculo de vigas de los siguientes autores:

PÉREZ, Hernán David. Aplicaciones de la Mecánica de Materiales. Medellín: Editorial UPB, 1997. p. 40-58

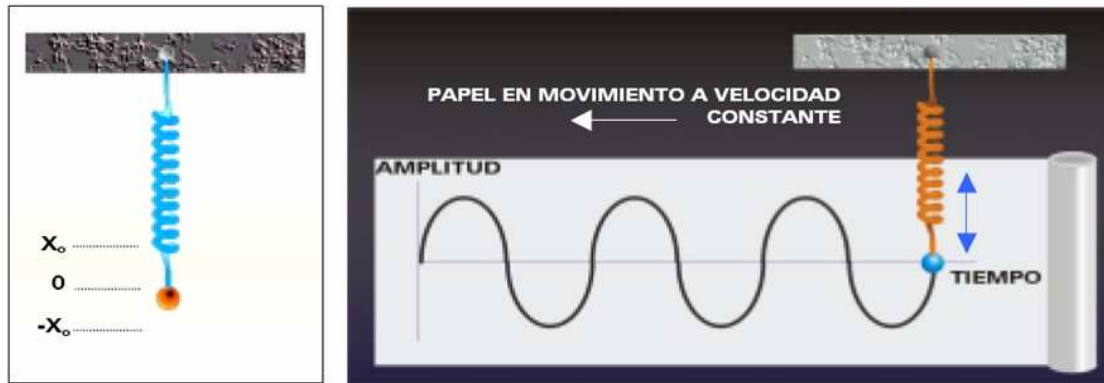
BEER, Ferdinand P. JOHNSTON Jr, E. Ruseell. DEWOLF, John T. Mecánica de Materiales. 3 ed. México: McGraw Hill Interamericana S.A., 2004. (p. 363-366 - p. 414-416 – p. 594 -601)

#### 4.3 Vibraciones de máquina

Es necesario entender el concepto de vibración (ver Ilustración 30) para entender el sistema que conforma la bancada y los problemas que puede traerle a los usuarios.

---

<sup>37</sup> Código Colombiano de construcciones sismo resistentes



**Ilustración 30 - Vibración simple**

Las vibraciones en la bancada se generan por varias causas entre ellas por la máquina de tracción (motor, freno, reductor, polea, ejes, rodamientos, carcasa, fijación) y por las vibraciones del ascensor durante el viaje (se transmite a través de los cables).

La bancada se comporta como un sistema con más de un grado de libertad<sup>38</sup>; ver el esquema simplificado para el análisis de vibraciones en la Ilustración 31.

---

<sup>38</sup> Los grados de libertad de un sistema, son los movimientos en el espacio que puede tener. Si se puede desplazar en el eje Z, entonces tiene un grado de libertad. Si puede rotar y desplazarse por el eje Z entonces tiene 2 grados de libertad y así. Un sistema tiene tantas frecuencias naturales como grados de libertad.



39

### Ilustración 31 - Representación esquemática para vibraciones de la bancada

El objetivo de analizar las vibraciones en la bancada es evitar que estas se transmitan (en un nivel perceptible) al edificio y/o a los pasajeros del ascensor.

Como caso de estudio está el ascensor de “Doña Berta”.

Para una introducción a las vibraciones consultar “Anexo 5 - Adaptado de: A-MAQ S.A., Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico. Enero 2005.”.

Este ascensor, instalado como muchos otros, tenía las condiciones necesarias para que un fenómeno vibratorio incomodara a los usuarios. A pesar de que el viaje en cabina era confortable, la señora que vive en el *penthouse* cuyo nombre es “Doña Berta” hizo reclamos recurrentes a COSERVICIOS S.A. porque el ascensor, según ella, le estaba ocasionando problemas de salud.

El personal de mantenimiento, revisó el equipo en varias ocasiones y no encontró nada fuera de lo normal. Entonces, se decidió hacer un análisis de vibraciones para identificar la causa del problema.

---

<sup>39</sup> Tomada de: BEARDS, C. E., Structural Vibration: Analysis and Damping, Halsted Press, New York, 1996. p. 92.

En el análisis, se detecta que cuando el ascensor se pone en movimiento excita la estructura del edificio y precisamente resuena en la alcoba de esta señora que está a 7 metros de distancia. Esta es una situación inusual y poco probable y se presenta por características de esta obra en particular, en donde, la frecuencia natural del edificio y las vibraciones producidas por el ascensor coinciden y entran en resonancia.

Estos ruidos tenían una frecuencia de 49, 54 y 70 Hz. Se identificó que el de 70 Hz era el que más se percibía y era generado por el limitador de velocidad.

“La frecuencia de 49 hz se presenta por resonancia de la bancada y la frecuencia de 54 hz es generada por fricción anormal en las guías, debido a la desalineación de bancada.” esta fue la conclusión del grupo de ingenieros de la empresa A-MAQ S.A.

En el “Anexo 4 - A-MAQ \_ Revisión técnica de la operación dinámica elevadores Andino” está el informe realizado por A-MAQ S.A., luego de el estudio realizado.

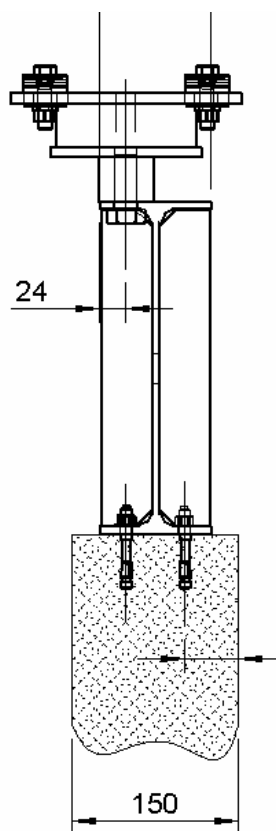
Las conclusiones de este estudio, permitieron entender que los fenómenos de vibraciones afectan directamente el confort del equipo y de los habitantes del edificio. Uno de los componentes que ayuda a controlar los fenómenos normales de vibración del ascensor, es el sistema motriz y entre ellos la bancada.

Para el diseño de la bancada es necesario conocer los conceptos de frecuencia, amplitud, control de vibraciones (reducción de la excitación, aislamiento y disipación) y resonancia.

Para aplicar esta teoría de vibraciones al diseño de ascensores referirse a: “Anexo 6 - MIRAVETE, A. Elementos de amortiguación y aislamiento de ruido” y “Anexo 7 - Vibration of a resilient supported rigid body - Forced vibration”

#### 4.4 CÁLCULO DE EXPANSIONES

En la Ilustración 32 se muestran las expansiones que sujetan la bancada contra el edificio. Estas expansiones se deben calcular para sujetar la bancada en condiciones normales.



**Ilustración 32 - Viga de soporte con expansiones**

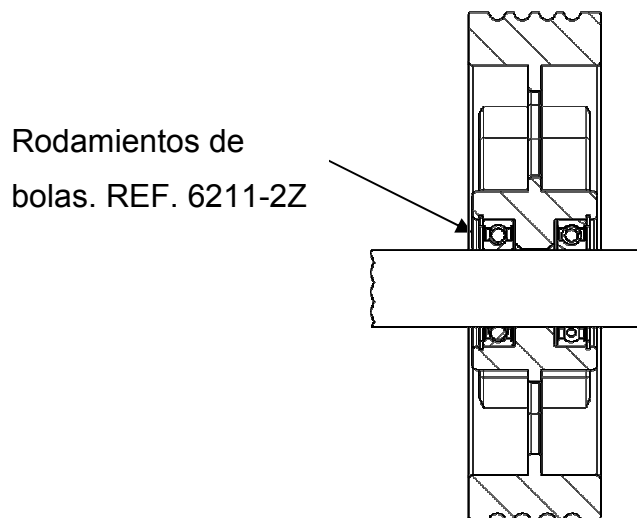
Para ver el catálogo de expansiones con las capacidades de carga y la forma de instalarlas, ver Anexo 9 - Anclaje de expansión Kwik Bolt II tomado de:

HILTI. Manual Técnico de Productos 5/00. Hilti América Latina. P95-107.

#### 4.5 DETERMINAR LA VIDA ÚTIL DE UN RODAMIENTO

Una de las funciones de mantenimiento que debe tener tiempos de reposición muy largos, es el cambio de los rodamientos de la polea desviadora; ver Ilustración 33 para el esquema de montaje.

La frecuencia de cambio se puede calcular con el software que da el fabricante (en Ilustración 34 ver software SKF)<sup>40</sup>.



**Ilustración 33 Polea desviadora con rodamientos**

---

<sup>40</sup> SKF web page. [Consulta 31 –Agosto – 2006]

[www.skf.com/skf/productcatalogue/jsp/calculation/calculationIndex.jsp?&maincatalogue=1&lang=en](http://www.skf.com/skf/productcatalogue/jsp/calculation/calculationIndex.jsp?&maincatalogue=1&lang=en)

SKF

PDF CAD IMP Print Close

Deep groove ball bearings, single row

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings	
d	D	B	C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	Reference speed	Limiting speed
mm			kN		kN	r/min	
55	100	21	46,2	29	1,25	14000	7000

SKF - Microsoft Internet Explorer provided by COSERVICIOS-ASCENSORES ANDINO

Product data Print ? Calculations Close

Equivalent bearing loads and basic rating life

Every care has been taken to ensure the accuracy of this calculation but no liability can be accepted for any loss or damage whether direct, indirect or consequential arising out of the use of the calculation.

See section "Equivalent dynamic bearing load"  
See section "Equivalent static bearing load"

Single bearing  
 Two bearings in tandem  
 Two bearings back-to-back or face-to-face

Normal clearance  
 C3 clearance  
 C4 clearance

Bearing: 6211-2Z

C, kN: 46.2

C<sub>0</sub>, kN: 29

f<sub>0</sub>: 14

F<sub>r</sub>, kN: 1

F<sub>a</sub>, kN: 5

Calculate

e: 0.302

X: 0.46

Y: 1.81

P, kN: 1.37

L<sub>10</sub>, Mrev: 38700

X<sub>0</sub>: 0.6

Y<sub>0</sub>: 0.5

P<sub>0</sub>, kN: 1

**Ilustración 34** Cálculo de rodamientos por WEB.

Otro método es utilizando la teoría de vida  $10^{41}$

TEORÍA DE VIDA 10:

Esta teoría y a la vez procedimiento de diseño, se basa en la siguiente fórmula fundamental:

**Ecuación 6 - Teoría de vida 10 para rodamientos**

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^n$$

<sup>41</sup> Tomado de notas de clase "CLASE 20 - RODAMIENTOS – Cálculos y Ejemplos", diseño de máquinas, UPB, 2005.

Donde:

$L_{10}$ : vida esperada en millones de revoluciones con una confiabilidad del 90%

C: carga básica dinámica radial que produce una vida de un millón de revoluciones en la pista interior.

P: carga dinámica radial aplicada

n: coeficiente;  $n=3$  para rodamientos de bolas y  $n=10/3$  para rodillos.

Para ampliar la teoría de selección de rodamientos remitirse al “Anexo 10 - Clase 20 - Rodamientos – Cálculos y Ejemplos”

#### 4.6 CÁLCULO DE UNIONES PERNADAS

Aunque en el diseño se contempla el uso de soldadura en la bancada, la máquina debe ser ensamblada con tornillería. Se debe analizar las condiciones de torque, precarga y verificar si que factor de seguridad se tiene en los tornillos de ensamble.

Para mayor información consultar la siguiente bibliografía:

NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas. México. Prentice Hall, 1999. p889-891 896, 906-908, 914-928.

#### 4.7 ESPECIFICACIONES DE SOLDADURA

Para garantizar que la bancada no se desajustará con el tiempo una vez instalada, se utilizará soldadura.

Para mayor información consultar la siguiente bibliografía:

SALMON, Charles G., JOHNSON, John E. Steel Structures: Design and Behaviour, Emphasizing Load and Resistance Factor Design. 4 ed. New York: Harper Collins, 1996. p.212-236.

## 5. DISEÑO DEL PRODUCTO

### 5.1 METODOLOGÍA

Para la metodología de diseño se tomará como referencia la propuesta por G.Pahl y W. Beitz en el libro “*Engineering Design a Systematic Approach*”, la cual tiene 4 etapas (Ver anexo 2: Modelo de Phal y Beitz del proceso de diseño)<sup>42</sup>:

- ✚ Clarificación de la tarea, en donde se recopilan los requerimientos, deseos y restricciones que deben tenerse en cuenta durante el diseño del producto. Los métodos de diseño que se utilizarán en esta etapa son el árbol de objetivos y la lista de requerimientos (PDS)
- ✚ Diseño conceptual, se realiza la estructura funcional del producto; se buscan los principios de solución y luego se combinan para conformar diferentes conceptos solución. Por último, se evalúan los conceptos y se selecciona uno para desarrollarlo. Los métodos de diseño que se utilizarán en esta etapa son el análisis de funciones y el diagrama morfológico.
- ✚ Diseño para dar forma, se parte del concepto seleccionado y se determina la arquitectura del producto así como su forma. Se aplicarán métodos de diseño como DFMA y se utilizarán herramientas como el diseño asistido por computador (CAD).
- ✚ Diseño de detalle, por último con una arquitectura de producto establecida y los portadores de función primarios definidos, se desarrollan los portadores de

---

<sup>42</sup> Para información sobre métodos de diseño y una breve explicación del método de Phal Y Beitz dirigirse a: “CROSS, Nigel. Métodos de Diseño. Primera Edición. Limusa. México. 1999 “

funciones secundarias y se realiza la selección de materiales, formas y dimensiones finales del producto, de acuerdo a los análisis de ingeniería que se realicen en esta etapa; se genera la documentación del producto definitiva (planos y otros documentos para producción). Las herramientas que se utilizarán en esta etapa incluyen ingeniería asistida por computador (CAE).

## 5.2 CLARIFICACIÓN DE LA TAREA

### 5.2.1 Situación de COSERVICIOS S.A.

Actualmente COSERVICIOS S.A. enfrenta una expansión como empresa y necesita productos “flexibles” que le permitan adaptarse a las necesidades del cliente de una manera ágil, oportuna y competitiva.

El proveedor anterior de máquinas, tenía tiempos de entrega que no le permitían participar a la compañía en negocios con tiempo de entrega reducido; al cambiar a estas nuevas máquinas no sólo se puede participar en estos negocios, sino que se participa más competitivamente; la confiabilidad de esta nueva máquina está avalada por una de las empresas mundialmente reconocida (con la cual se están haciendo convenios corporativos) y el costo es inferior.

Para el proveedor de máquinas anterior se había diseñado una bancada funcionalmente buena (la bancada x), pero con un nivel productivo y logístico que requería muchos recursos por la gran cantidad de referencias que se manejaban y los controles que se tenían que tener para poder entregar a una obra específica el producto requerido en el momento adecuado.

La bancada X tiene dos modelos: apoyada directamente sobre la losa del cuarto de máquinas (ver Ilustración 21 ) y apoyada en vigas<sup>43</sup> (ver Ilustración 22) siendo esta última una configuración que siempre era especial (para la cual, ingeniería debe suministrar a producción, planos y lista de materiales para ese pedido en específico). A continuación un análisis de la situación actual desde diferentes perspectivas:

🚧 Desde la perspectiva productiva, la bancada x, es una bancada que en su configuración original está construida con vigas en C de 10" de altura. Estas Vigas no son posibles de cortar en las máquinas disponibles en la compañía, lo que obligaba a que se cortaran por fuera. La cantidad de referencias de estas vigas asciende a 4 cortes de longitudes diferentes por bancada, en total se tenían 168 referencias de vigas a las cuales hay que hacerles todos los trámites logísticos para poder comprar el material de la longitud establecida. Luego se deben transformar estas 168 referencias de vigas y agregarles las perforaciones que se necesitan para conformar alguno de los modelos estándar de la bancada. Además, si es un diseño especial se deben controlar 18 planos adicionales y coordinar toda la función logística de las vigas, más el control necesario para un equipo especial.

Revisando, producción tiene que manejar 23 modelos de bancada que demandan 168 productos en proceso. Y si se fabrica la combinación incorrecta de productos en proceso no es posible ensamblar el modelo que se necesita en una obra específica.

---

<sup>43</sup> Este diseño surge de acuerdo a las necesidades de un cliente en especial y se siguió utilizando en los diseños especiales que tenían las mismas características.

- ✚ Desde la perspectiva de logística, se deben comprar 168 referencias de vigas y coordinar con el proveedor los cortes necesarios; cada uno con alto grado de precisión so pena de rechazo y retraso en la producción por falta de materia prima.

Se debe comprar la viga completa (de 6 metros) y el proveedor la corta pero el desperdicio lo asume COSERVICIOS S.A. Adicional a esto, debe encargarse de crear los códigos para las vigas de equipos especiales (aproximadamente 12 al mes), mismos que por su alto volumen normalmente no están creados y se retrasa el proceso productivo.

Luego cuando el producto ya pasó por producción y se debe despachar a una obra, en el almacén hay una bancada desarmada marcada con el número del pedido y no con el código de producto terminado. Surge una oportunidad, si la bancada del pedido 3562-1 le sirve al pedido 3742-1, y la del 3742-1 no la han fabricado aún y se necesita lo antes posible, cómo puede logística reasignar componentes? Es ahí en donde ingeniería interviene y evalúa si es el producto disponible en almacén es viable para el pedido 3742-1 y esto significa que la compañía depende de un área que tiene recursos escasos.

- ✚ Desde la perspectiva de ingeniería, se deben diseñar cuatro bancadas especiales por mes en promedio. Esto significa 40 horas de un ingeniero dedicado a esta labor. Adicional a esto, se debe recalcular, en casos especiales, la estabilidad estructural del nuevo diseño y surgen mejoras que no se implementan en el estándar, porque son tantos modelos que modificar un plano de cada una de las 21 bancadas toma mucho tiempo.

- ✚ Desde la perspectiva de instalaciones, la bancada debe instalarse sobre la losa del cuarto de máquinas y la máquina se debe subir por las escaleras, incurriendo en altos riesgos de accidente. Si ocurre una variación en la caída de cables por condiciones de la obra o de instalación, se tienen dos alternativas: la primera cambiar la bancada o reprocesarla (perforar para

adaptar la caída de cables) o la segunda, instalarla como está y que los cables no lleguen perpendiculares al contrapeso, teniendo que verificar muy cuidadosamente el confort del equipo.

Se puede concluir que la bancada x es poco flexible y que tiene muchas variables de control que hacen que sea un producto que demande muchos recursos corporativos.

### 5.2.2 Clarificación de objetivos

En este punto se conocen las condiciones de la empresa y cuales son las necesidades frente al diseño de la bancada. Es importante, entonces, clarificar los objetivos que tiene el diseño de este nuevo producto. Estos objetivos o propósitos del producto, constituyen “la mezcla de fines abstractos y concretos que el diseño debe tratar de satisfacer o alcanzar”<sup>44</sup>.

En el árbol de objetivos se expresan los propósitos del producto en orden jerárquico, de manera que si se lee de izquierda a derecha respondo la pregunta de cómo se puede lograr el objetivo de mayor nivel; si se lee de derecha a izquierda responde el por qué se incluye un objetivo de nivel inferior. Adicional a esto, los objetivos de nivel inferior pueden comunicarse con otros objetivos de manera que se puedan ver las relaciones y la importancia de ciertos objetivos. En la Ilustración 35, esta el árbol de objetivos para el diseño de una bancada para ascensores con cuarto de máquinas y suspensión 1:1 para la empresa COSERVICIOS S.A.

---

<sup>44</sup> CROSS, Op. Cit, p60.

← Por qué? Como →

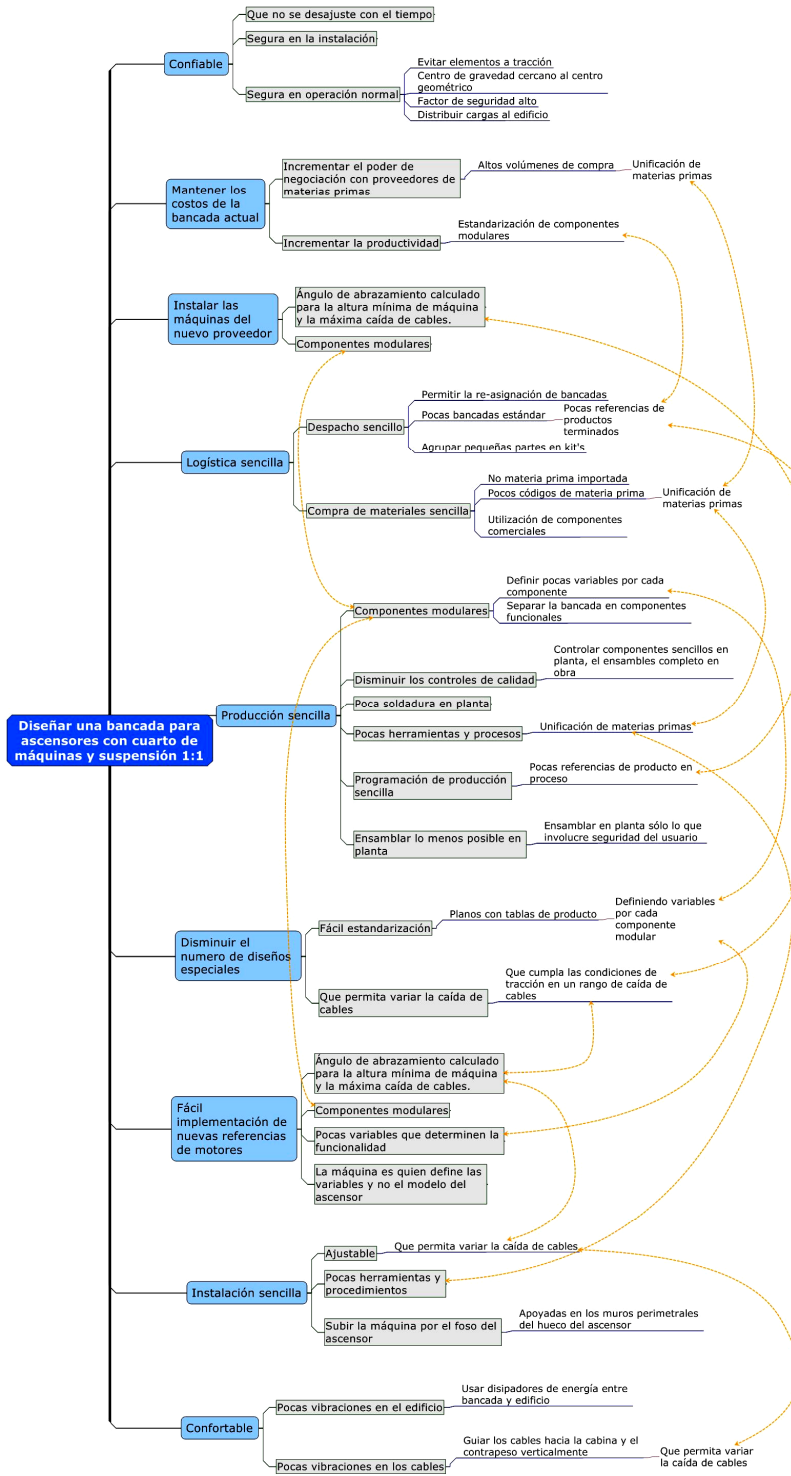


Ilustración 35 Árbol de objetivos

### 5.2.3 Lista de requerimientos (PDS final)

Para solucionar la función principal de la bancada, es necesario identificar las prestaciones y requerimientos que debe tener. En la Tabla 5 Lista de requerimientos están expresadas todas las condiciones que deberá satisfacer el producto, ya sean deseos (d) o demandas (D). Si no se satisfacen las demandas la solución planteada no es válida, en tanto que los deseos pueden cumplirse de ser posible.

**Tabla 5 Lista de requerimientos**

TEMA	REQUERIMIENTOS		D	d
SEGURIDAD	1	El factor de seguridad debe ser superior a 3	D	
	2	La bancada de soportar las vibraciones normales del sistema (frecuencia + amplitud) sin desajustarse.	D	
	3	Las partes externas del sistema no deben tener aristas vivas		d
	4	Las poleas de tracción deben dotarse de dispositivos que eviten la salida de los cables de sus gargantas, en caso de aflojamiento. (EN81-1 apartado 9.7.1)	D	
	5	Debe haber un área de trabajo libre de 0,5 x 0,6m en la parte de atrás de la máquina para accionar la volante (EN81-1 apartado 6.3.2.1)	D	
	6	La máquina debe subirse por el foso hasta el cuarto de máquinas		d
	7	Todos los elementos deben estar apoyados, no colgados. En caso de ser necesario que estén colgados, se debe aumentar el factor de seguridad a un mínimo de 5.	D	
	8	Se debe evitar que la bancada caiga al hueco del ascensor en caso de falla	D	
	9	Las cargas deben distribuirse a los muros perimetrales del hueco del ascensor, en caso de apoyarse en la losa, ésta debe tener un factor de seguridad mínimo de 5.	D	
	10	Debe asegurarse la tracción en todos los casos según lo que indica la norma EN 81-1 apartado 9,3, anexo M.	D	
	11	Se debe asegurar la bancada al cuarto de máquinas.	D	
	12	Pintar de color amarillo los extremos de la bancada.		d

TEMA	REQUERIMIENTOS		D	d
	13	Debe ser segura en la instalación	D	
LOGÍSTICA	14	Se deben utilizar 5 referencias de tornillos como máximo en las bancadas		d
	15	Que la tornillería se arme en Kit's		d
	16	Todos los materiales deben ser comprados a nivel nacional.	D	
	17	Ojala utilizar los mismos materiales para fabricar todas las bancadas.		d
	18	Evitar fabricaciones especiales por terceros		d
	19	No más de 20 referencias de materia prima.		d
	20	Si se utilizan vigas, establecer equivalencias en sistema americano y europeo.	D	
	21	Ojala los componentes sean manipulables por una sola persona.		d
	22	Las piezas pequeñas deben ser empacadas en kit's, marcados y rotulados.		d
	23	El almacén debe poder reasignar componentes de bancada a otros pedidos de forma autónoma.		d
CALIDAD Y CONFIABILIDAD	24	Las partes deben estar protegidas contra la corrosión a la intemperie	D	
	25	El sistema debe evitar que las vibraciones producidas por la máquina, que sean perceptibles por las personas, se transmitan al edificio	D	
	26	La deformación máxima permitida en elementos cargueros de la bancada es 1/360 de la mayor longitud, con las condiciones normales de trabajo según la NSR-98.	D	
	27	La bancada debe expresar calidad del producto.		d
	28	Debe soportar el accionamiento del paracaídas en condiciones normales, sin deformación permanente.	D	
	29	Debe tener baja susceptibilidad a las vibraciones	D	
	30	Pocos factores que afecten su funcionalidad		d
MANTENIMIENTO	31	Debe permitir retirar la máquina para realizarle mantenimiento y al volverla a instalar debe permitir alinearla nuevamente.	D	
	32	Debe permitir cambiar la referencia de máquina al cambiar pocos componentes.		d
	33	Se deben poder cambiar los rodamientos de ser necesario	D	

TEMA	REQUERIMIENTOS		D	d
	34	Las uniones removibles deben tener una marca visual para saber si se aflojaron a simple vista.		d
MANUFACTURA	35	Sólo ensamblar en planta, los elementos que afecten la seguridad.		d
	36	Debe fabricarse de materiales duraderos que no favorezcan la creación de polvo.(EN 81-1 apartado 6.3.1.1)	D	
	37	Que los elementos diseñados se puedan fabricar localmente.	D	
	38	Que las partes diseñadas sean modulares, de manera que puedan ser asignadas al final de la cadena productiva a un pedido en específico.		d
	39	Los componentes deben poder consolidarse en un listado de producción		d
	40	Todas las partes que se necesiten pintar con pintura electrostática en polvo deben tener como mínimo una perforación de 10mm de diámetro.	D	
	41	Poca soldadura en planta		d
	42	Pocas herramientas y procesos		d
	43	Programación sencilla de producción		d
	DESEMPEÑO	44	Resistir el peso de la máquina, contrapeso, y cabina (con carga o pasajeros) sin deformación permanente. Carga nominal máxima del ascensor 1600 Kg.	D
45		Poder variar la caída de cables según el modelo en obra.	D	
46		Que la maquina sea quien condicione las bancadas y no el modelo del ascensor.		d
47		Que el centro de gravedad esté en un radio de 200mm del centro geométrico.		d
48		Diseñar el mínimo número de bancadas posibles, idealmente no más de tres modelos.		d
49		Los costos deben ser por lo menos iguales a los de la bancada X soportada en vigas.	D	
50		Debe ser fácil de ensamblar (menor numero de piezas, menor numero de operaciones de composición y chequeo)		d
51		Emplear materiales y recursos susceptibles de programación y/o automatización; es decir, que se pueda producir en serie		d
52		Guiar los cables de tracción hacia la cabina y el contrapeso en forma vertical	D	
53		Poder subir la máquina por el foso		d
54		Fácil estandarización de nuevos componentes		d

Una especificación define el rendimiento requerido y no el producto requerido. El método, por lo tanto, hace énfasis en el rendimiento que debe alcanzar una solución de diseño y no en un componente físico en particular como medio para alcanzar dicho rendimiento<sup>45</sup>.

### 5.3 DISEÑO CONCEPTUAL

Una vez clarificada la tarea, se entra a la etapa de diseño conceptual, en donde se trata de clarificar las funciones esenciales que un tipo de solución debe satisfacer y no la solución misma. Luego de tener claridad de las funciones, se evalúan las posibles combinaciones de principios funcionales y así, se tiene más libertad para poder determinar una solución. Se parte de lo abstracto a lo concreto y se define cual es el mejor concepto solución. Este concepto será un esquema o un conjunto de principios funcionales para luego detallar su forma y geometría.

#### 5.3.1 Formulación del problema (generalización)

Diseñar un artefacto que soporte el sistema motriz de un ascensor con suspensión 1:1, en donde la capacidad máxima del ascensor es de 1600Kg. En este artefacto, los cables de acero que pasan por la polea de la máquina, deben llegar en posición vertical a las terminales de cable en cabina y contrapeso; las vibraciones generadas por el sistema motriz deben ser aisladas del edificio y el artefacto debe estar fijo en el cuarto de máquinas del ascensor.

---

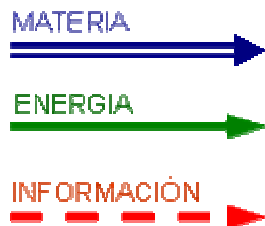
<sup>45</sup> CROSS, Op. Cit, p88.

### 5.3.2 Establecer estructura de funciones

La función principal de la bancada es “soportar el sistema motriz en la posición en que se garantiza la tracción de los cables”, de esta manera el sistema motriz (constituido por el carro, el contrapeso, los cables de tracción, cadena de compensación y la máquina) puede hacer que el ascensor se mueva utilizando la adherencia de los cables a la polea tractora.

La adherencia de los cables a la polea tractora, se logra garantizando que se cumpla el máximo ángulo de abrazamiento para cada configuración particular y manteniendo los componentes siempre en esta posición. La bancada, entonces, está encargada de soportar el sistema motriz, pasando el mínimo de vibraciones posibles al edificio, y debe lograr que, al tener una caída de cables y unas condiciones de carga definidas, se garantice la tracción de los cables.

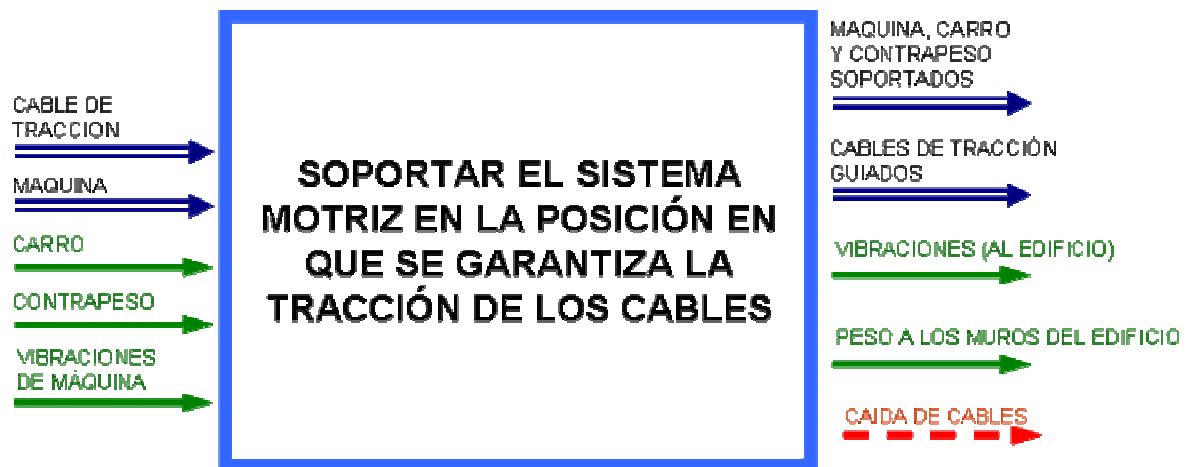
La caja negra (ver Ilustración 37) representa la función principal de un sistema técnico (TS) y permite ver como esa función principal transforma las entradas en salidas del sistema. Permite, a su vez, delimitar el problema de diseño y el proceso que permite transformar las entradas del sistema, ya sean de materia, energía o información, en salidas. En la Ilustración 36 se puede ver los tipos de flujos y su designación.



**Ilustración 36 Tipos de entradas o salidas de una caja negra**

Las entradas al sistema son:

- ✚ Cable de acero: son entre 3 y 8 cables de acero de 8 a 16mm de diámetro. Estos cables comunican el carro y el contrapeso y por medio de adherencia con la polea tractora, mueven el equipo. Deben llegar verticalmente a la cabina y al contrapeso para un correcto funcionamiento.
- ✚ Máquina de tracción: la máquina de tracción pesa entre 160 y 2400Kg dependiendo de la capacidad y velocidad que tenga. Cada máquina tiene condiciones dimensionales diferentes y deben ser consideradas para poder unir la máquina y la bancada. Estas dimensiones se pueden ver en el capítulo 1.4.1 Máquinas actuales de COSERVICIOS S.A. página 28.
- ✚ Peso del carro: El carro es el conjunto de cabina y bastidor que la sostiene. Es en este conjunto en donde las personas viajan a través del edificio. El peso del carro se denomina  $P$  y la capacidad de carga del ascensor se denomina  $Q$ . El  $P+Q$  máximo para el cual se diseña esta bancada es 3300Kg (el equivalente a un montacargas de 1600Kg).
- ✚ Peso del contrapeso: El contrapeso se calcula como el 50% de la carga ( $Q$ ) y el peso del carro ( $P$ ), el peso máximo del contrapeso ( $W$ ) es 2500Kg.
- ✚ Vibraciones de máquina: Son las vibraciones producidas por el motor y el reductor. Estas vibraciones pueden ser por desalineación, des-balanceo, excentricidad, problemas de engranaje, aflojamiento mecánico o rodamientos.



**Ilustración 37** Caja negra

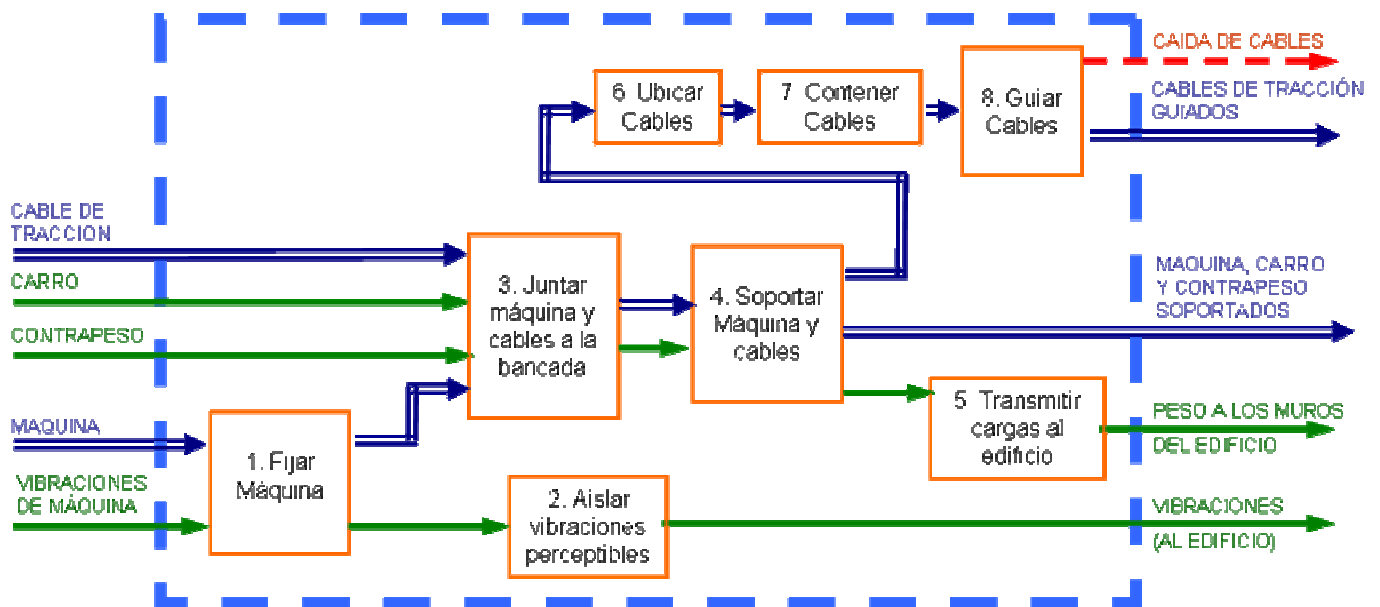
Las salidas del sistema son:

- 🔧 Máquina, carro y contrapeso soportados: los componentes deben estar soportados por los cables de tracción y no debe haber deslizamiento. Se debe garantizar la tracción en todos los modelos.
  - Máquina soportada sin desplazamientos relativos con respecto a la bancada
  - Máquina nivelada con nivel de burbuja
  - Polea tractora y desviadora alineadas a  $\pm 1\text{mm}$
- 🔧 Cables de tracción guiados: los cables deben llegar verticalmente al contrapeso y a la cabina y la caída de cables debe poder estar entre 500 y 1800mm. No deben poderse salir de las poleas en funcionamientos normal.
- 🔧 Vibraciones (al edificio): estas vibraciones deben estar por fuera de los niveles perceptibles por personas.

- ✚ Peso a los muros del edificio: idealmente los muros que deben cargar el peso del equipo deben ser los muros perimetrales del foso. De no ser posible, la losa debe resistir como mínimo 5 veces el peso de la bancada más el peso del carro y contrapeso, este valor es máximo 5700Kg, es decir que la losa debe aguantar 28500Kg como máximo (asumiendo que es una carga puntual; en el caso de una carga distribuida, se divide este valor por el área en la que se va a apoyar y se expresa en Kg./m<sup>2</sup>)
- ✚ Caída de cables: esta información está dada por la distancia que hay entre los cables que llegan a la cabina y los que llegan al contrapeso.

Ahora bien, luego de delimitar las entradas y salidas del sistema, es necesario entender como es el proceso de conversión del conjunto de entradas en un conjunto de salidas. Para esto, se descompone la función principal en funciones secundarias. Una representación grafica de estas funciones secundarias y las interacciones entre ellas se denomina caja transparente.

En esta caja transparente (ver Ilustración 38) se puede ver todo el flujo desde que entra hasta que sale y por que funciones pasa. Esta subdivisión de funciones debe satisfacer la función principal.

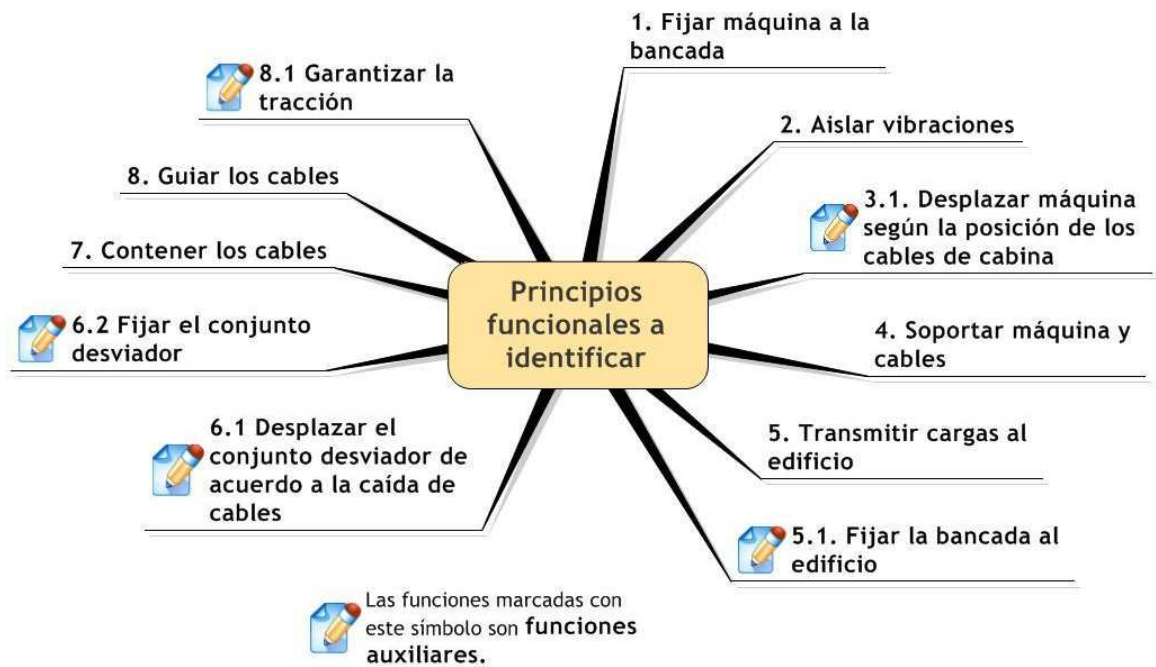


**Ilustración 38** caja transparente

### 5.3.3 Buscar principios funcionales

La caja transparente de la Ilustración 38, representa las funciones secundarias que satisfacen la función principal; un principio funcional, puede cumplir una o varias de esas funciones secundarias, como también se pueden necesitar varios principios funcionales para cumplir una función secundaria.

Cabe anotar que hay funciones auxiliares que se requieren en otros momentos de uso (por ejemplo durante la instalación del sistema) y que hasta este momento no habían sido expresadas. En la Ilustración 39 están las funciones a las que se les va a buscar principio funcional.



**Ilustración 39 Principios funcionales a identificar**

En la Tabla 6 se analiza la función fijar máquina a la bancada; la función tiene como restricción unas variables que la máquina impone (diámetro de perforación en la base y número de perforaciones) además de unas condiciones geométricas que son inmodificables (es un componente comprado a un proveedor internacional).

Tabla 6 - Fijar máquina a la bancada

1. Fijar máquina a la bancada		
Solución	Descripción	Esquema
1.a	<p>Tornillo, arandela, arandela inclinada, tuerca.</p> <p>Para unirla a vigas de alas inclinadas a través de perforaciones.</p>	
1.b	<p>Espárrago, doble tuerca, doble arandela.</p>	

En la Tabla 7 se analiza la función de aislar vibraciones producidas por la máquina y que no deben ser transmitidas al edificio. Para esto se asume que la máquina produce unas vibraciones “constantes” y que el sistema puede absorber la energía, reducir la amplitud o que tiene un frecuencia natural ( $f_n$ ) lejana a las producidas por la máquina.

Tabla 7 Aislar vibraciones

2. Aislar vibraciones		
Solución	Descripción	Esquema
2.a	Amortiguador en medio no viscoso ( <i>Damper</i> ). Disipar la energía.	<p>The diagram for solution 2.a shows a mass <math>M</math> suspended from a horizontal bar. A spring and a damper are connected in parallel between the mass and the bar. A graph below shows a sinusoidal wave with an amplitude that decays exponentially over time, representing the effect of the damper.</p>
2.b	Sistema masa resorte unido a la bancada. Depende de la frecuencia de vibración de la bancada, se determina la frecuencia natural ( $f_n$ ) del sistema masa-resorte. La idea es que la vibración de la bancada se transmita casi en su totalidad al sistema masa resorte y se disminuya la amplitud de vibración.	<p>The diagram for solution 2.b shows a mass <math>m_2</math> on a spring with stiffness <math>k</math>, which is mounted on a base labeled "Bancada con vibraciones". The base is shown vibrating sinusoidally. The distance from the pivot to the mass is <math>a</math>, and the total length of the support is <math>b</math>. The formula for the natural frequency is given as <math>f_n = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{a}{b} \sqrt{\frac{k}{m_2}} \right)</math>. A graph below shows a sinusoidal wave with a smaller amplitude compared to the input vibration, indicating vibration isolation.</p>

2. Aislar vibraciones		
Solución	Descripción	Esquema
2.c	Alejar la frecuencia de vibración de la bancada de la zona perceptible, aumentar la frecuencia natural ( $f_n$ ) de la bancada, (rigidizándola) o disminuyéndola (mermando peso)	

En la Tabla 8 se analiza la función desplazar máquina según la posición de los cables de cabina. Esta función es la que permite, en el momento de instalación, ajustar la máquina a las condiciones de la obra en particular. Se considera desplazar, porque se necesita que se pueda mover con facilidad y que luego quede en su posición sin desajustarse. Se analizan, entonces condiciones que permitan desplazar la máquina y mantenerla en la posición deseada. Hay varias simplificaciones que se hacen: la función debe cumplirse en el momento de la instalación, luego el producto debe eliminar la funcionalidad (al menos temporalmente); la manera de desplazar la máquina debe tener en cuenta la alineación de la polea (se debe desplazar sólo en el sentido de la caída de cables).

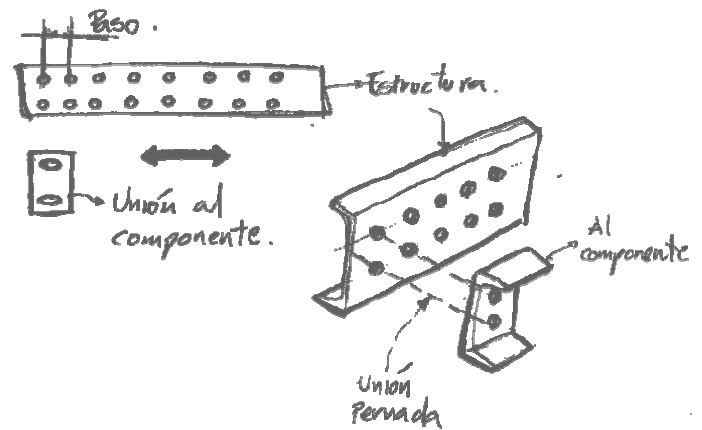
Tabla 8 Desplazar máquina según la posición de los cables de cabina

3.1. Desplazar máquina según la posición de los cables de cabina		
Solución	Descripción	Esquema
3.1.a	<p>Deslizar y bridar. Viga con bridas. La viga (estructura) puede ser en I o dos canales en C para tener dos puntos de apoyo. Permiten desplazar el componente y luego fijarlo apretando las bridas (unidas a la máquina). Las bridas pueden ser en lámina o en fundición.</p>	<p>The diagram shows a vertical support structure with a horizontal beam. A pulley is mounted on the beam. A component is shown being moved along the beam. A label 'Estructura' points to the support, and 'Unión al componente' points to the pulley mechanism.</p>
3.1.b	<p>Deslizar y aprisionar. Perfiles cuadrados de diferente tamaño. El de mayor tamaño (unido a la máquina) se desliza por el de menor tamaño (estructura) y se asegura haciendo presión con un tornillo sobre la superficie del de menor tamaño.</p>	<p>The diagram shows two square profiles. The larger one is labeled 'Unión al componente' and the smaller one is labeled 'Estructura'. A screw is shown being used to secure the larger profile onto the smaller one.</p>

### 3.1. Desplazar máquina según la posición de los cables de cabina

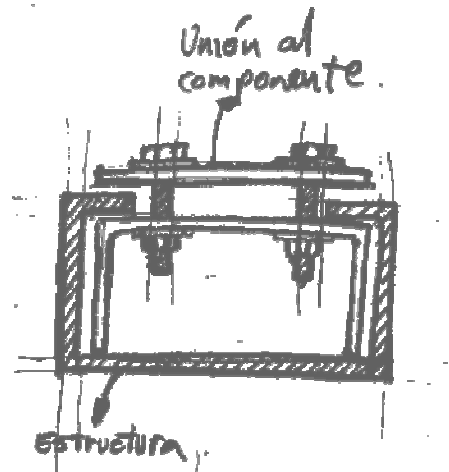
3.1.c

Ubicar y atornillar.  
Estructura perforada que permite desplazar un componente unido a la máquina según la perforación elegidas.



3.1.d

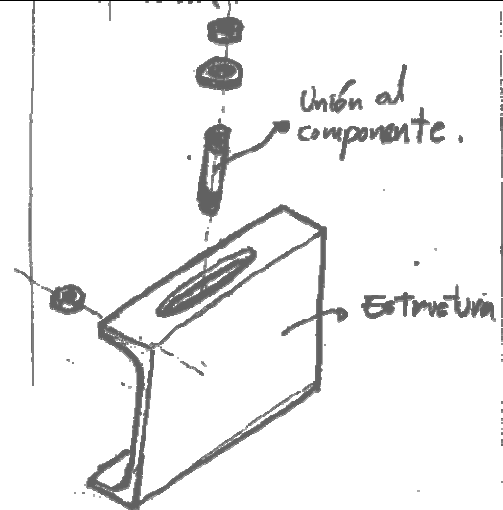
Deslizar y apretar.  
Canales en lámina doblada en donde el más grande (estructura) permite guiar otro más chico. A este más chico se pega la máquina.



### 3.1. Desplazar máquina según la posición de los cables de cabina

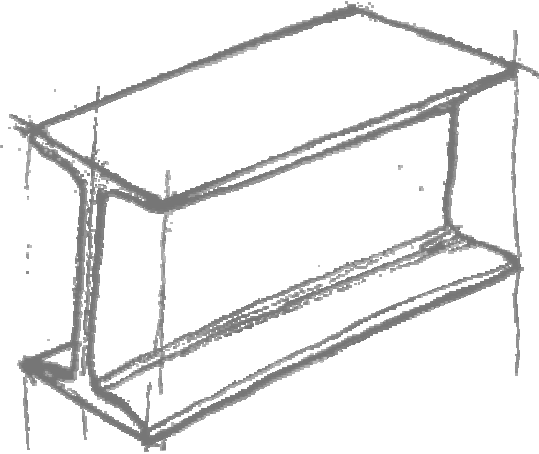
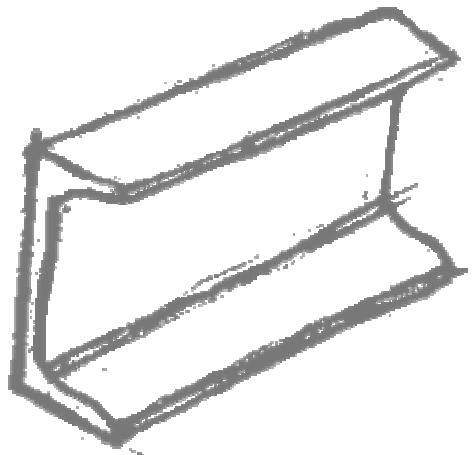
3.1.e

Ajustar y apretar  
Perforación alargada  
en la estructura que  
permita ajustar la  
máquina en la  
posición deseada.



En la Tabla 9 se analiza la función de soportar máquina y bancada. Esta función corresponde al componente estructural de la bancada y es el que debe soportar las cargas del ascensor. Como premisa de diseño, la carga se debe distribuir a los muros del edificio y no a la losa, lo que hace pensar que debe haber un elemento estructural que atraviesa el foso del ascensor.

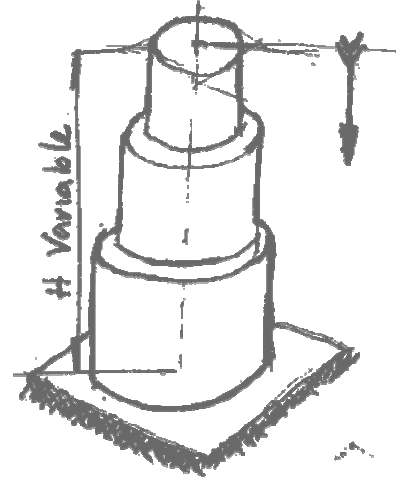
Tabla 9 Soportar máquina y cables

4. Soportar máquina y cables		
Solución	Descripción	Esquema
4.a	Vigas en I	 A hand-drawn sketch of a rectangular support structure. It consists of two horizontal I-beams, one at the top and one at the bottom, connected by two vertical I-beams. The structure is shown in a perspective view, resting on a surface.
4,b	Vigas en C	 A hand-drawn sketch of a rectangular support structure. It consists of two horizontal C-channels, one at the top and one at the bottom, connected by two vertical C-channels. The structure is shown in a perspective view, resting on a surface.

## 4. Soportar máquina y cables

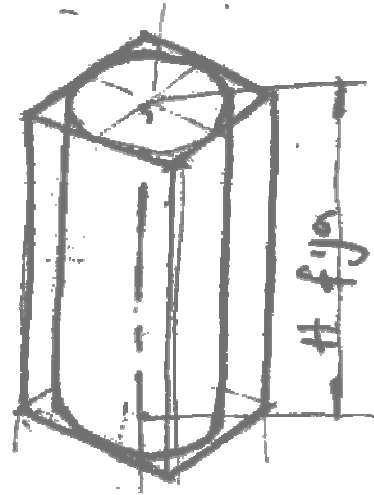
4.c

Sistema telescópico, que permita variar la altura de acuerdo a la máquina y a la altura del cuarto de máquinas. Una vez ubicada en la posición deseada, se debe quedar en esta posición.



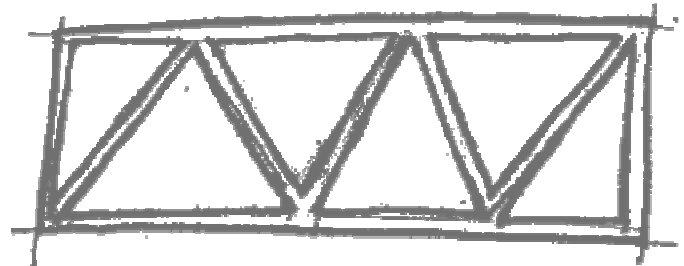
4.d

Columnas, ya sean cuadradas, redondas, en acero, concreto, etc.



4.e

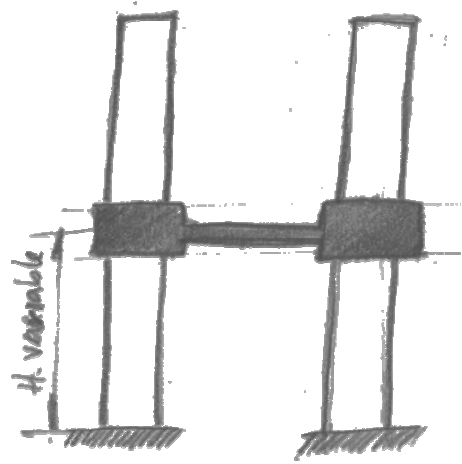
Cercha



## 4. Soportar máquina y cables

4.f

Base móvil sobre columnas, para poder variar la altura de acuerdo a la máquina y a la altura del cuarto de máquinas. Una vez ubicada en la posición deseada, se debe quedar en esta posición.

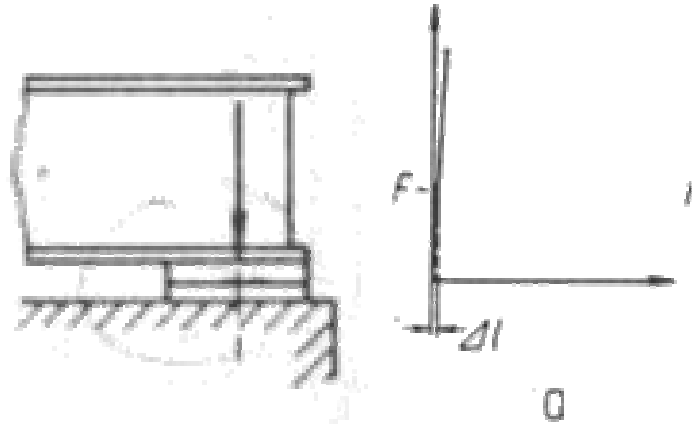
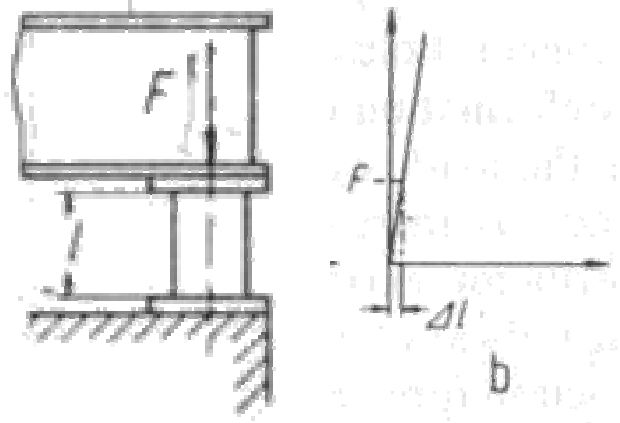


En la Tabla 10 se analizan los posibles principios funcionales que permiten transmitir cargas. Phal y Beitz analizan el montaje de un marco de máquina sobre fundaciones de concreto. Las imágenes y la descripción de los principios funcionales son tomados de este capítulo (6.4.1 Principios de transmisión de fuerzas).<sup>46</sup>

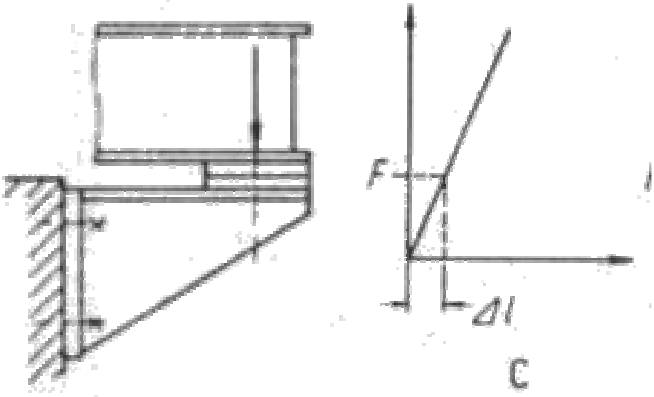
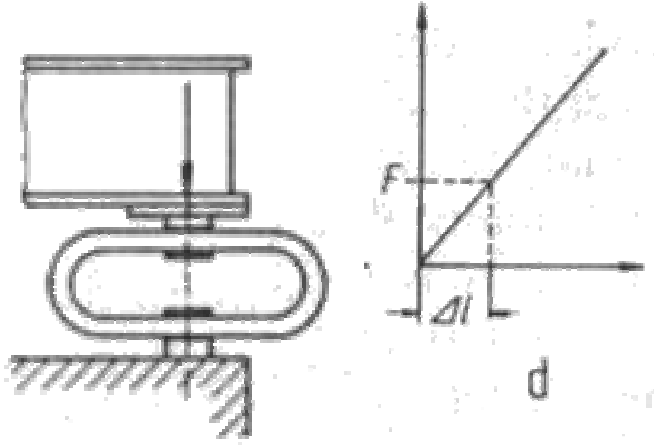
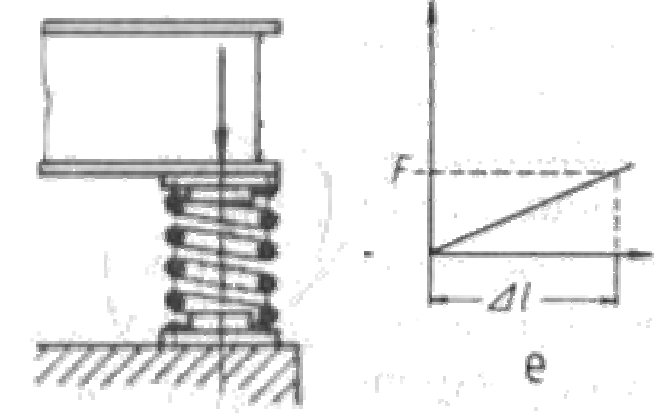
---

<sup>46</sup> PHAL, G. y BEITZ, W., Op. Cit, p197.

Tabla 10 Transmitir cargas al edificio

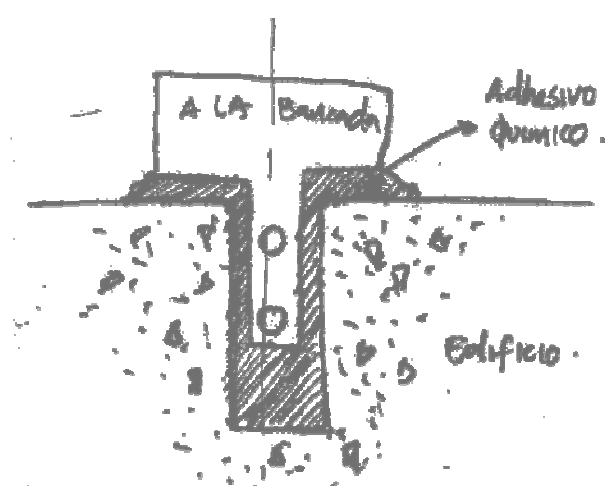
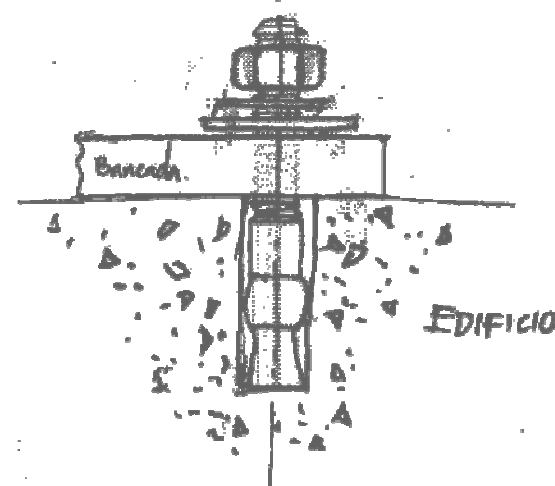
5. Transmitir cargas al edificio		
Solución	Descripción	Esquema
5.a	Soporte muy rígido debido a la corta altura en la que se transmite la fuerza y poco esfuerzo en la base.	 <p>El diagrama muestra un perfilado de un soporte rígido con una columna corta que transmite una fuerza <math>F</math> desde un nivel superior hasta una base fija. A la derecha, un diagrama de fuerza muestra una línea vertical que se desvía ligeramente de la vertical por la acción de la fuerza <math>F</math> en la parte superior, resultando en un desplazamiento horizontal <math>\Delta l</math> en la base. El eje horizontal está etiquetado como 'i' y el eje vertical como 'Q'.</p>
5.b	Una trayectoria más larga de transmisión de la fuerza, pero sigue siendo un soporte rígido. Construido con tubos o secciones a compresión.	 <p>El diagrama muestra un perfilado de un soporte rígido con una columna más larga que transmite una fuerza <math>F</math> desde un nivel superior hasta una base fija. A la derecha, un diagrama de fuerza muestra una línea vertical que se desvía más de la vertical que en el caso 5.a, resultando en un desplazamiento horizontal <math>\Delta l</math> en la base. El eje horizontal está etiquetado como 'i' y el eje vertical como 'Q'.</p>

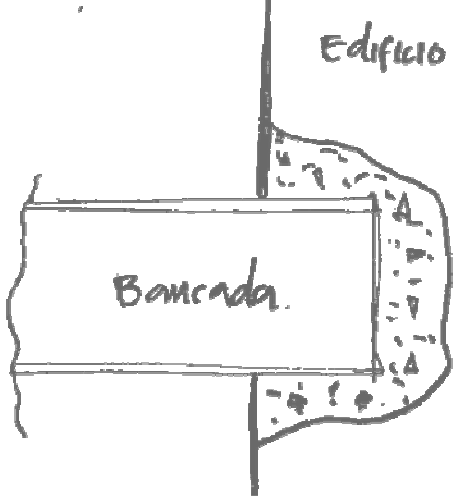
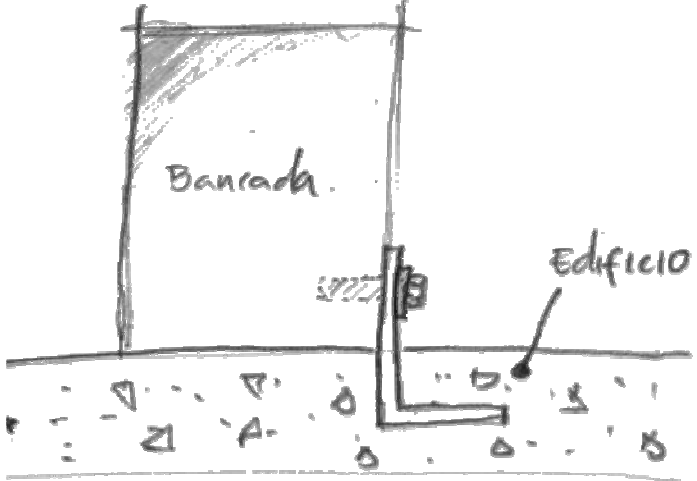
## 5. Transmitir cargas al edificio

<b>5.c</b>	<p>Un soporte menos rígido con deformaciones debidas a la flexión (una construcción más rígida implicaría un mayor uso de materiales)</p>	 <p>The diagram shows a cross-section of a beam fixed to a rigid wall. A vertical load <math>F</math> is applied to the beam. The resulting deflection is <math>\Delta l</math>. The graph to the right shows a linear relationship between load <math>F</math> and deflection <math>\Delta l</math>, with a steep slope labeled 'c'.</p>
<b>5.d</b>	<p>Un soporte más flexible bajo esfuerzos de flexión.</p>	 <p>The diagram shows a beam supported by a flexible roller support. A vertical load <math>F</math> is applied. The resulting deflection is <math>\Delta l</math>. The graph to the right shows a linear relationship between load <math>F</math> and deflection <math>\Delta l</math>, with a moderate slope labeled 'd'.</p>
<b>5.e</b>	<p>Soporte muy flexible usando resortes, el cual transmite la carga en forma de torsión. Esto se puede utilizar para alterar las características de la resonancia.</p>	 <p>The diagram shows a beam supported by a spring. A vertical load <math>F</math> is applied. The resulting deflection is <math>\Delta l</math>. The graph to the right shows a linear relationship between load <math>F</math> and deflection <math>\Delta l</math>, with a shallow slope labeled 'e'.</p>

En la Tabla 11 se analiza la función de fijar la bancada al edificio. Esta función es restringida por el material al cual se fijaría en el edificio que en su mayoría es concreto reforzado.

Tabla 11 Fijar la bancada al edificio

5.1. Fijar la bancada al edificio		
Solución	Descripción	Esquema
5.1.a	Por medio de adhesivos químicos.	
5.1.b	Por medio de anclajes.	

5.1. Fijar la bancada al edificio		
5.1.c	Empotrarla en concreto	
5.1.d	Por medio de chapas dobladas y tornillos	

En la Tabla 12 se analiza la función de desplazar el conjunto desviador según la caída de cables. Esta función es de vital importancia porque es la que permite (a pesar que solo se use en la instalación) que el producto sea flexible. Solo hay que imaginar el caso que se vive hoy en día: para cada caída de cables hay una bancada y esto multiplicado por el número de máquinas. Ahora sólo hay que imaginarse no tener que pensar en qué caída de cables tiene un equipo en particular para poder fabricar o despachar la bancada. Los principios funcionales son similares a los de la Tabla 8.

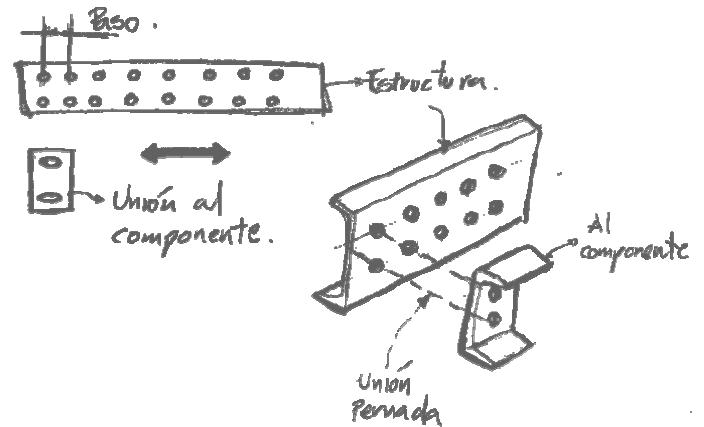
Tabla 12 Desplazar el conjunto desviador de acuerdo a la caída de cables

6.1 Desplazar el conjunto desviador de acuerdo a la caída de cables		
Solución	Descripción	Esquema
6.1.a	<p>Deslizar y bridar. Viga con bridas. La viga (estructura) puede ser en I o dos canales en C para tener dos puntos de apoyo. Permiten desplazar el componente y luego fijarlo apretando las bridas (unidas al sistema desviador). Las bridas pueden ser en lámina o en fundición.</p>	<p>The diagram shows a vertical support structure with a horizontal beam. A pulley is mounted on the beam. A component is shown being moved along the beam. A label 'Estructura' points to the support structure, and 'Unión al componente' points to the pulley assembly.</p>
6.1.b	<p>Deslizar y aprisionar. Perfiles cuadrados de diferente tamaño. El de mayor tamaño (unido al sistema desviador) se desliza por el de menor tamaño (estructura) y se asegura haciendo presión con un tornillo sobre la superficie del de menor tamaño.</p>	<p>The diagram shows two square profiles. The larger one is labeled 'Unión al componente' and the smaller one is labeled 'Estructura'. A screw is shown passing through the larger profile into the smaller one to secure them together.</p>

## 6.1 Desplazar el conjunto desviador de acuerdo a la caída de cables

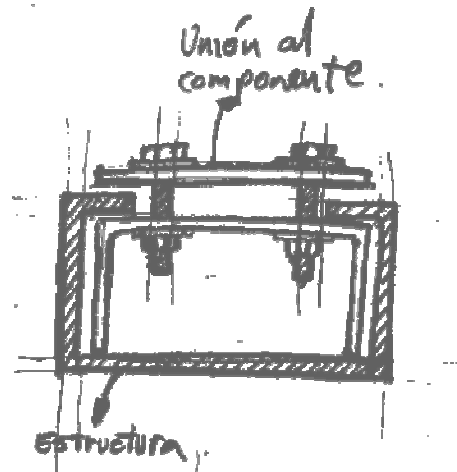
6.1.c

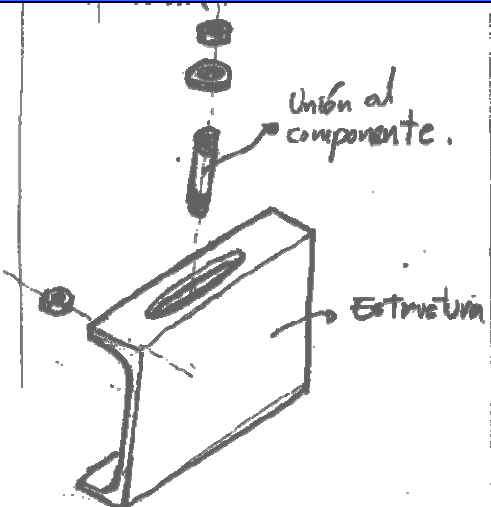
Posicionar y atornillar. Estructura perforada que permite desplazar un componente unido al sistema desviador según la/las perforaciones elegidas en la estructura.



6.1.d

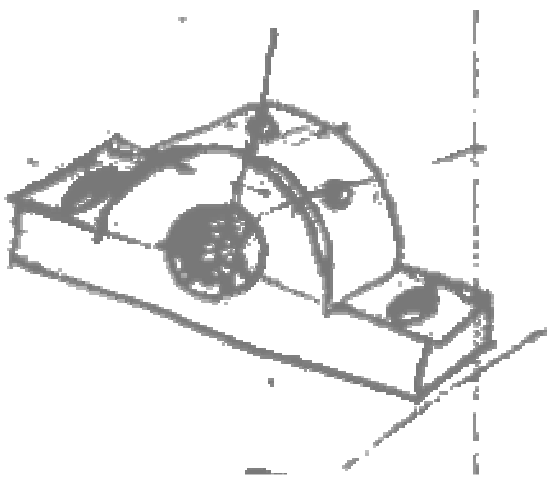
Deslizar y apretar. Canales en lámina doblada en donde el más grande (estructura) permite guiar otro más chico. A este más chico se pega el sistema desviador.



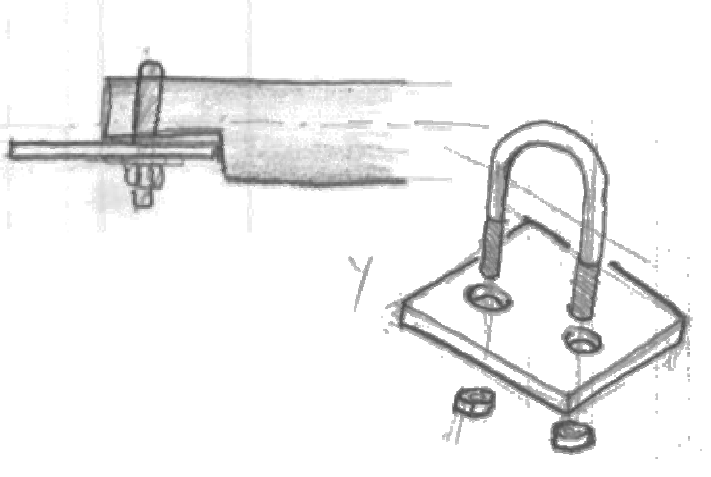
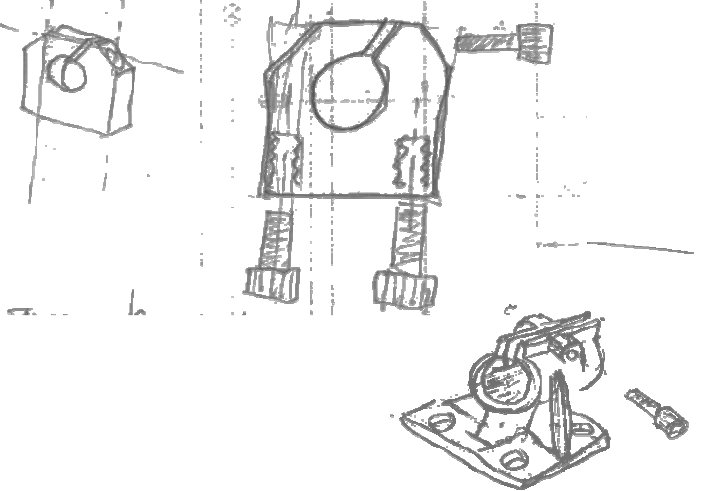
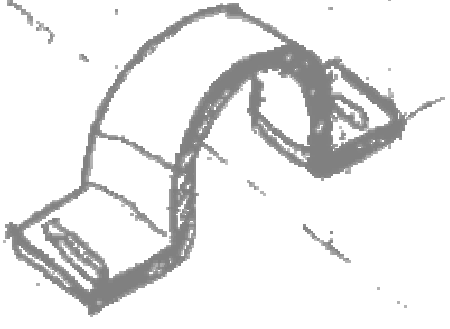
6.1 Desplazar el conjunto desviador de acuerdo a la caída de cables		
<b>6.1.e</b>	Ajustar y apretar. Perforación alargada en la estructura que permita ajustar el sistema desviador en la posición deseada.	

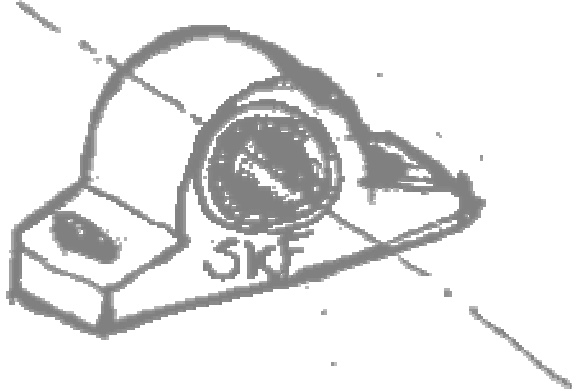
En la Tabla 13 se analiza la función de fijar el conjunto desviador. Se parte de que el conjunto desviador esta compuesto por un eje que se debe fijar a la estructura.

Tabla 13 Fijar el conjunto desviador

6.2 Fijar el conjunto desviador		
Solución	Descripción	Esquema
<b>6.2.a</b>	Fundición para alojar el eje y sujetarlo con prisioneros. (tipo chumacera)	

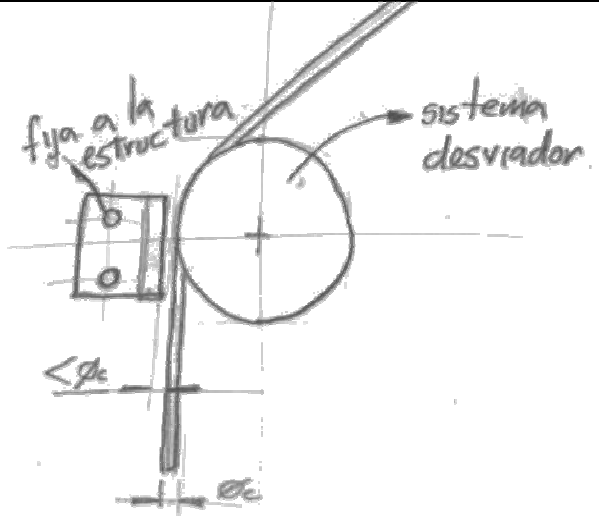
## 6.2 Fijar el conjunto desviador

<b>6.2.b</b>	Perno en U, Placa y eje fresado	
<b>6.2.c</b>	Tipo abrazadera circular	
<b>6.2.d</b>	Lamina forjada y atornillada a la estructura	

6.2 Fijar el conjunto desviador		
6.2.e	Chumacera, rodamiento y pin en el eje	

En la Tabla 14 se analiza la función de contener los cables de tracción. Esta función consiste en mantener los cables de tracción dentro del sistema desviador en condiciones normales de trabajo.

Tabla 14 Contener los cables de tracción

7. Contener los cables de tracción		
Solución	Descripción	Esquema
7.a	Barrera a x (diámetro de cable/2) distancia de los cables fija a la estructura	

7. Contener los cables de tracción		
<b>7.b</b>	Barrera a fija al sistema desviador a x distancia de los cables	

En la

Tabla 15 se analiza la función guiar cables. Para esto, se parte de que quien debe guiar los cables, es una polea desviadora y que debe poder girar. Por lo tanto se asume que la polea tiene rodamientos que son comunes para el eje y para la polea. El eje entonces es quien permanece quieto en condiciones normales y la polea gira.

Tabla 15 Guiar los cables

8. Guiar los cables		
Solución	Descripción	Esquema
8.a	Polea desviadora con canales en U, de un solo bloque.	
8.b	Poleas desviadoras modulares con canales en U, ensambladas a medida de las necesidades.	

La función 8.1 Garantizar la tracción, sólo tiene un principio funcional y es maximizar el ángulo de abrazamiento. Pero para hacerlo se tienen que tener en cuenta varios puntos: la caída de cables depende del fondo del hueco del ascensor y del tipo de equipo, la altura del cuarto de máquinas debe ser la mínima posible (sin disminuir de 2000mm). Para ver más información sobre el cálculo de tracción ir a la sección 4.1 Cálculo de tracción en la página 54 del presente documento.

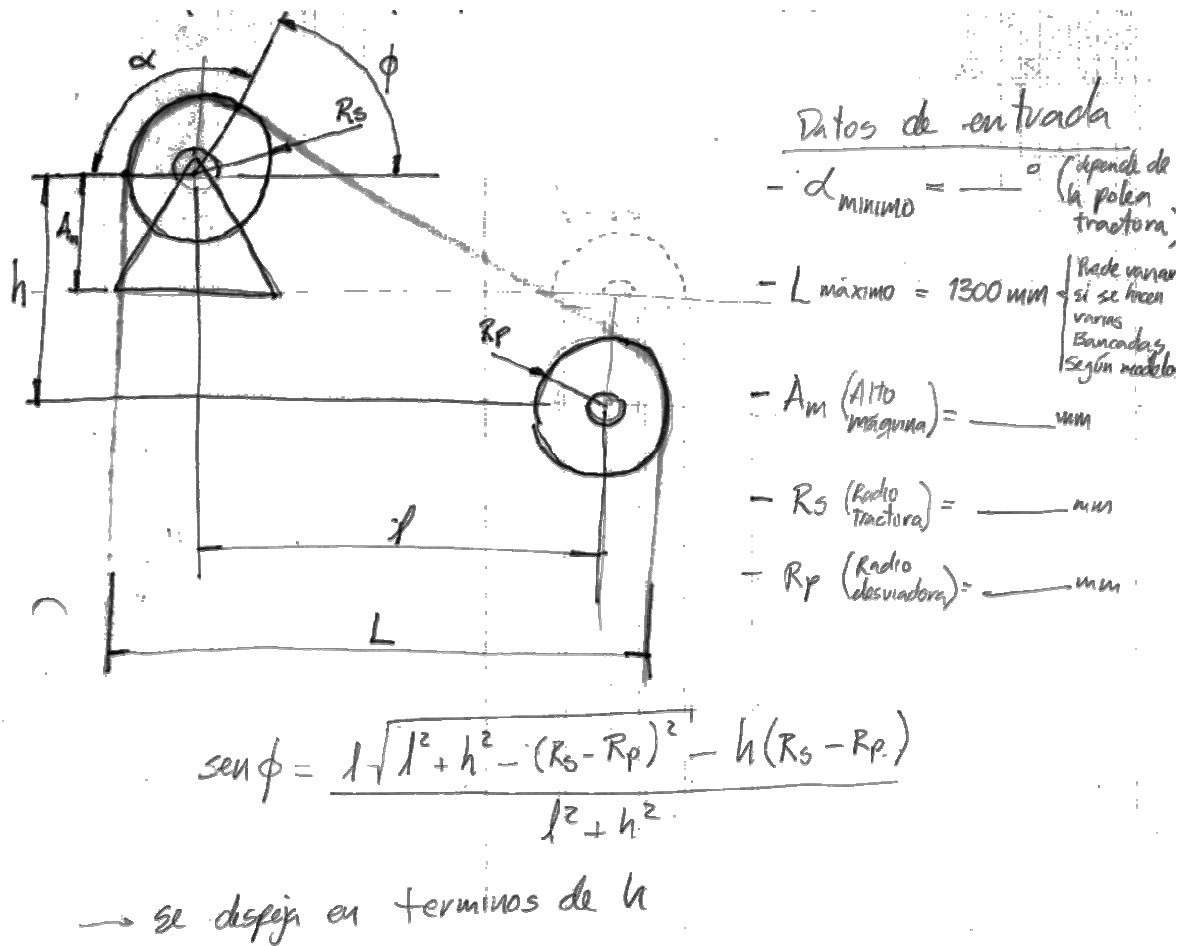


Ilustración 40 ángulo de abrazamiento

### 5.3.4 Combinar principios funcionales

Luego de que se tienen los principios funcionales que satisfacen las funciones del sistema, se deben agrupar para poder construir un concepto de diseño. Hay que tener especial cuidado en no combinar dos principios funcionales incompatibles o que resultarían muy costosos para el producto; por ejemplo, si se selecciona un principio funcional que es hidráulico, los demás deben seleccionarse neumáticos o compatibles.

En la Ilustración 42, están representados los principios funcionales y las funciones. Adicional a esto están tres combinaciones posibles de principios funcionales, la combinación A representada por línea continua, la combinación B por doble línea y la combinación C por línea punteada (ver Ilustración 41)



**Ilustración 41 Leyenda de matriz morfológica**



Funciones	P.F.a	P.F.b	P.F.c	P.F.d	P.F.e	P.F.f
1. Fijar máquina a la bancada						
2. Aislar vibraciones						
3.1. Desplazar máquina según la posición de los cables de cabina						
4. Soportar máquina y cables						
5. Transmitir cargas al edificio						
5.1. Fijar la bancada al edificio						
6.1 Desplazar el conjunto desviador de acuerdo a la caída de cables						
6.2 Fijar el conjunto desviador						
7. Contener los cables						
8. Guiar los cables						
8.1 Garantizar la tracción						

Ilustración 42 Matriz morfológica

Las combinaciones de principios funcionales están expresadas en la Tabla 16.

**Tabla 16 Combinación de principios funcionales**

<b>Combinación</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>1. Fijar máquina a la bancada</b>	P.F.a	P.F.b	P.F.a
<b>2. Aislar vibraciones</b>	P.F.a	P.F.c	P.F.b
<b>3.1. Desplazar máquina según la posición de los cables de cabina</b>	P.F.a	P.F.a	P.F.e
<b>4. Soportar máquina y cables</b>	P.F.a	P.F.e	P.F.d
<b>5. Transmitir cargas al edificio</b>	P.F.b	P.F.e	P.F.c
<b>5.1. Fijar la bancada al edificio</b>	P.F.b	P.F.b	P.F.c
<b>6.1 Desplazar el conjunto desviador de acuerdo a la caída de cables</b>	P.F.a	P.F.b	P.F.c
<b>6.2 Fijar el conjunto desviador</b>	P.F.b	P.F.c	P.F.a
<b>7. Contener los cables</b>	P.F.a	P.F.a	P.F.b
<b>8. Guiar los cables</b>	P.F.a	P.F.a	P.F.a
<b>8.1 Garantizar la tracción</b>	P.F.a	P.F.a	P.F.a

En la Ilustración 43, Ilustración 44 e Ilustración 45, están representados los conceptos de producto en donde se integran los principios de solución escogidos, para verificar que haya compatibilidad de las soluciones parciales seleccionadas.

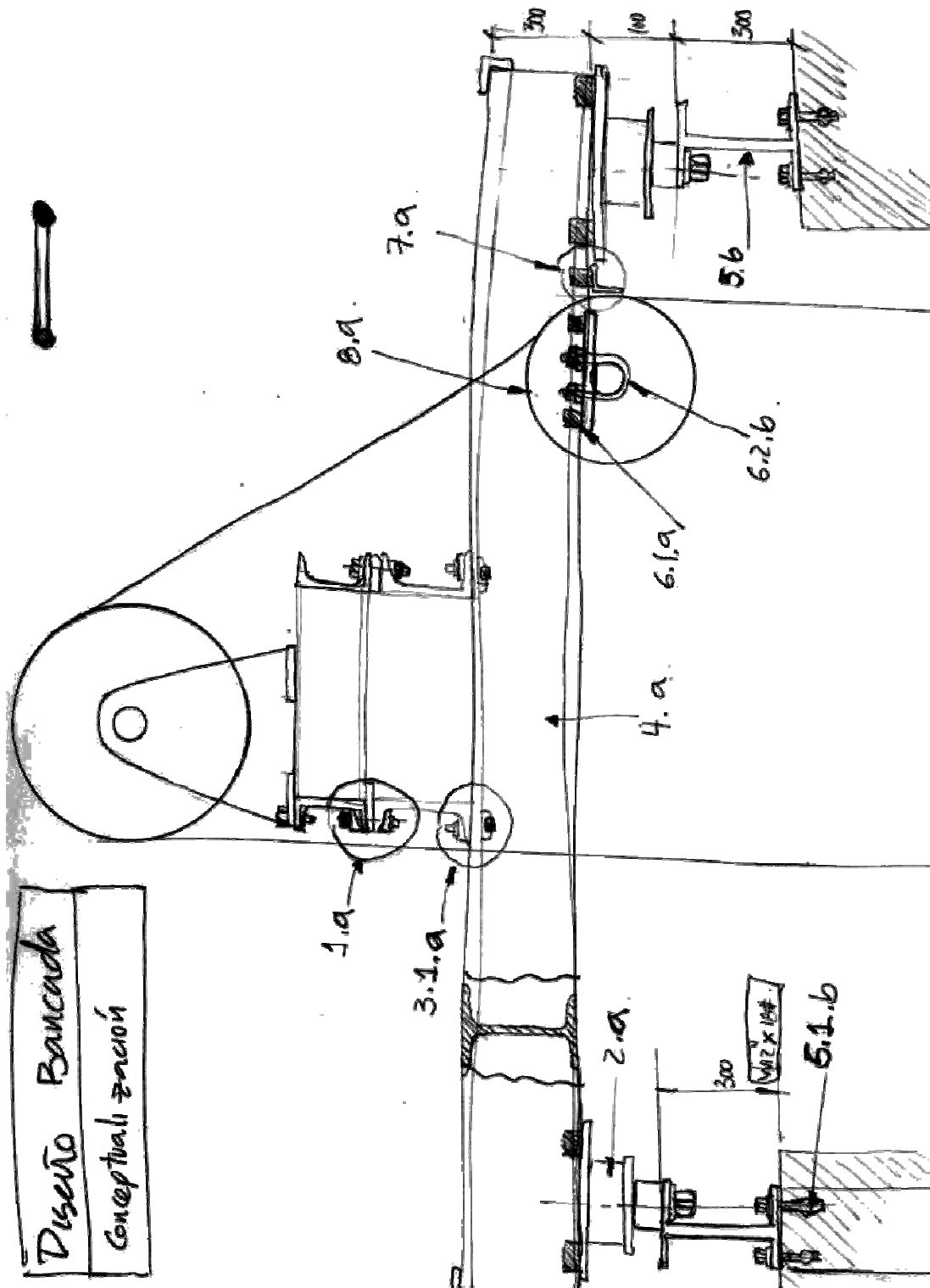


Ilustración 43 Combinación A



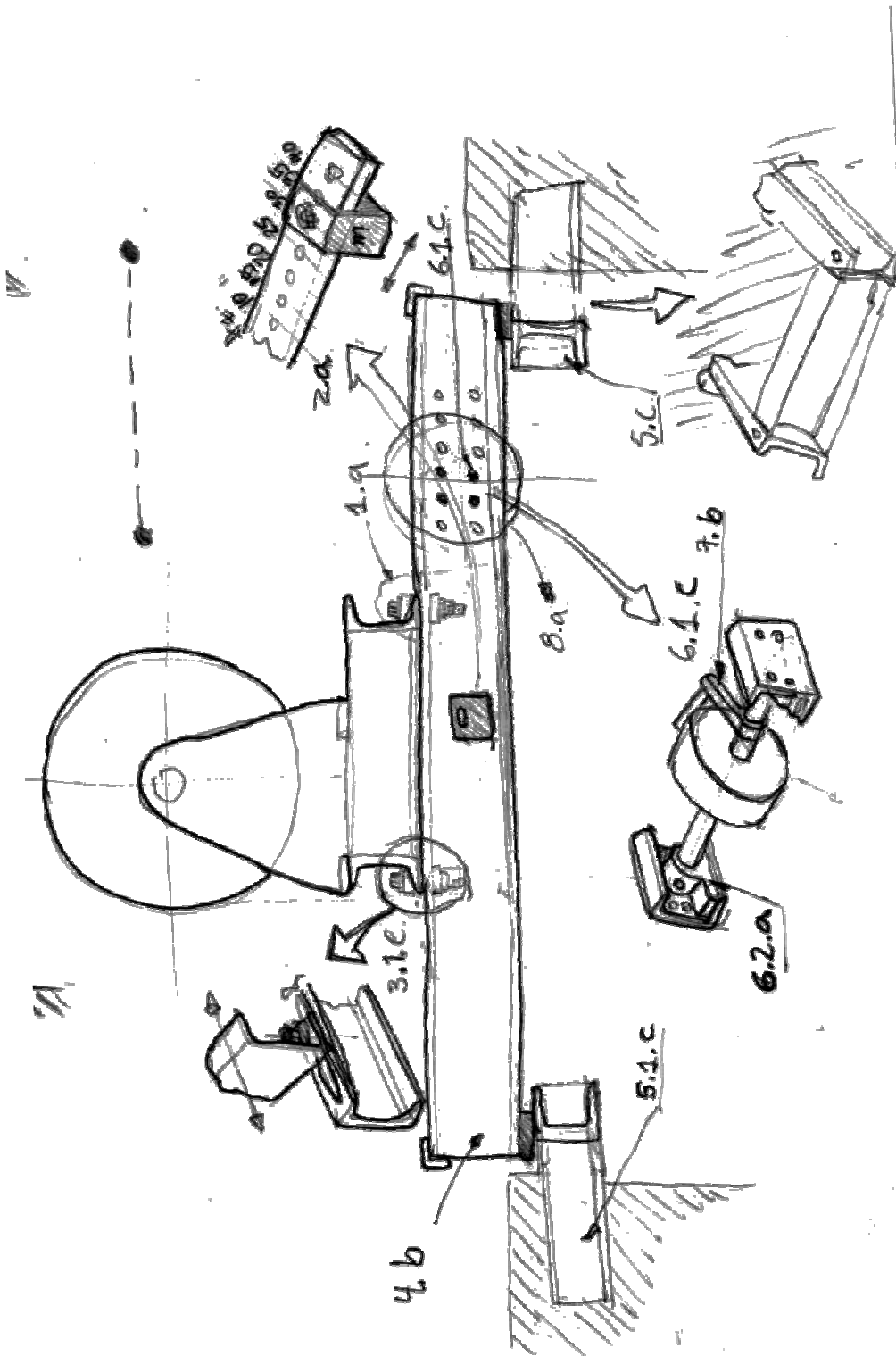


Ilustración 45 Combinación C

### 5.3.5 Seleccionar combinación

Se podría seleccionar la mejor alternativa de diseño con base en conjeturas, intuición, experiencia o simplemente por simpatía hacia alguna propuesta (arbitrariamente). Pero, si ya se tienen unas especificaciones de rendimiento, y unos objetivos que debe cumplir el producto, por qué no utilizarlos para esta selección. Sin embargo, los requerimientos de diseño son una lista extensa y hay algunos de ellos que en esta etapa del diseño no podremos cuantificar y por lo tanto no serían de utilidad. Se necesita, entonces, definir una lista de parámetros de evaluación basándose en los requerimientos de producto (PDS) y el árbol de objetivos.

Esos criterios de calificación, luego se deben ponderar y asignarles una importancia relativa con respecto a los otros criterios de calificación<sup>47</sup>. En la Tabla 17,

Tabla 18 y

Tabla 19 se pueden ver los criterios seleccionados y las combinaciones de diseño A, B y C respectivamente.

---

<sup>47</sup> Criterios tomados de referencia de ESCOBAR, E. Op. Cit, p109

**Tabla 17 Matriz de evaluación de la combinación A<sup>48</sup>**

W= peso porcentual de cada criterio (de 100)

S= calificación de calidad de cada diseño (de 10)

U= utilidad (calificación ponderada) del diseño = W x S

	Criterio de diseño	Peso	Combinación A		
		W	Observaciones	S	U
<b>A</b>	<b>FABRICACIÓN</b>	<b>25%</b>			
A.1	Susceptible automatización/programación	3%	Por ser vigas, se pueden hacer plantillas pero no se pueden utilizar máquinas CNC	8	0,24
A.2	Facilidad de transporte	4%	Desarmable	8	0,32
A.3	Uillaje/herramientas requeridas	5%	Para el cambio de máquina solo se necesita cambiar la parte superior, lo que hace que el resto sea igual	9	0,45
A.4	Grado dificultad partes de máquina	8%	Corte de vigas, perforación de cuerpo soldado (30Kg aprox.)	8	0,64
A.5	Cantidad de recursos solicitados	5%	Corte, soldadura, punzonado, perforado, torneado, fundición	8	0,4
<b>B</b>	<b>ENSAMBLE / INSTALACIÓN</b>	<b>25%</b>			
B.1	Facilidad de instalación/montaje	10%	Fácil de ajustar, requiere perforar en obra para expansiones.	10	1
B.2	Manipulación ( <i>handling</i> )	3%	Peso de partes máx. 50 Kg. c/u. partes largas (máx. 3000mm)	7	0,21
B.3	Composición ( <i>composing</i> )	6%	Una sola configuración posible, necesita soldadura para que nos se desajusten obra	6	0,36
B.4	Chequeo ( <i>checking</i> )	6%	Fácil porque puede ser visual excepto por la caída de cables	8,5	0,51
<b>C</b>	<b>FACTOR ECONÓMICO</b>	<b>10%</b>			
C.1	Valor materia prima	10%	Vigas metálicas	8	0,8
<b>D</b>	<b>FACTOR ESTÉTICO</b>	<b>5%</b>			

<sup>48</sup> Formato basado en el ejemplo de la figura 65 de CROSS, N. Op. Cit, p147.

D.1	Presentación de la bancada	5%	Robusta y de calidad	9,5	0,475
<b>E</b>	<b>DESEMPEÑO</b>	<b>35%</b>			
E.1	Pocos factores que afecten su funcionalidad	7%	Solo varia la base de la máquina por modelo	9,8	0,686
E.2	Poder variar la caída de cables según el modelo en obra.	10%	Cumple en todos los rangos posibles	10	1
E.3	Dificultad para aislar las vibraciones	7%	Ninguna, el amortiguador sirve para todos los modelos del rango fijado inicialmente	10	0,7
E.4	Confiable	8%	No se cae al foso, no hay elementos a tracción, Se debe aplicar soldadura para evitar desajustes	10	0,8
E.5	Se debe evitar que la bancada caiga al hueco del ascensor en caso de falla	3%	No se cae al foso	10	0,3
	<b>Utilidad Global de la combinación</b>	<b>100%</b>			<b>8,891</b>

**Tabla 18 Matriz de evaluación de la combinación B**

W= peso porcentual de cada criterio (de 100)

S= calificación de calidad de cada diseño (de 10)

U= utilidad (calificación ponderada) del diseño = W x S

	Criterio de diseño	Peso	Combinación B		
		W	Observaciones	S	U
<b>A</b>	<b>FABRICACIÓN</b>	<b>25%</b>			
A.1	Susceptible automatización/programación	3%	La longitud de la cercha varía en cada equipo	6	0,18
A.2	Facilidad de transporte	4%	liviana y desarmable	9,5	0,38
A.3	Utillaje/herramientas requeridas	5%	Mayor numero de procesos, mas herramientas	7	0,35
A.4	Grado dificultad partes de máquina	8%	Alto grado de dificultad para la programación por alta variabilidad	6	0,48
A.5	Cantidad de recursos solicitados	5%	Corte, soldadura, punzonado, dobladora, fundición, perforado, torneado, mecanizado	6	0,3
<b>B</b>	<b>ENSAMBLE / INSTALACIÓN</b>	<b>25%</b>			
B.1	Facilidad de instalación/montaje	10%	Fácil de ajustar, requiere perforar en obra expansiones	10	1

B.2	Manipulación ( <i>handling</i> )	3%	Partes livianas, cercha larga	9	0,27
B.3	Composición ( <i>composing</i> )	6%	Difícil por mayor número de partes. Se necesitan ubicar las pesas en posiciones hasta llegar al valor deseado necesita soldadura	4	0,24
B.4	Chequeo ( <i>checking</i> )	6%	Se requiere herramienta especializada para medir la Fn. De resto OK	6,8	0,408
<b>C</b>	<b>FACTOR ECONÓMICO</b>	<b>10%</b>			
C.1	Valor materia prima	10%	Perfiles comerciales, hierro fundido, vigas comerciales	10	1
<b>D</b>	<b>FACTOR ESTÉTICO</b>	<b>5%</b>			
D.1	Presentación de la bancada	5%	Tecnológica, liviana, estructurada (necesita cuidado en las superficies de unión para una buena presentación)	8	0,4
<b>E</b>	<b>DESEMPEÑO</b>	<b>35%</b>			
E.1	Pocos factores que afecten su funcionalidad	7%	Varia la cercha y la base de máquina por modelo	7	0,49
E.2	Poder variar la caída de cables según el modelo en obra.	10%	La polea no tiene amplio rango de variación pero la máquina si.	9,5	0,95
E.3	Dificultad para aislar las vibraciones	7%	Para cada ascensor se debe calcular la Fn requerida y aumentarle peso o restarle.	3	0,21
E.4	Confiable	8%	La cercha debe ser muy robusta para dar la sensación de confiabilidad.	9,5	0,76
E.5	Se debe evitar que la bancada caiga al hueco del ascensor en caso de falla	3%	No se cae al foso	10	0,3
	<b>Utilidad Global de la combinación</b>	<b>100%</b>			<b>7,718</b>

**Tabla 19 Matriz de evaluación de la combinación C**

W= peso porcentual de cada criterio (de 100)

S= calificación de calidad de cada diseño (de 10)

U= utilidad (calificación ponderada) del diseño = W x S

	Criterio de diseño	Peso	Combinación C		
		W	Observaciones	S	U
<b>A</b>	<b>FABRICACIÓN</b>	<b>25%</b>			

A.1	Susceptible automatización/programación	3%	Poca, las perforaciones en la viga deben hacerse de a una con las maquinas herramientas de COSERVICIOS S.A. y la viga varía da acuerdo a cada modelo	5	0,15
A.2	Facilidad de transporte	4%	Desarmable	8	0,32
A.3	Uillaje/herramientas requeridas	5%	Se necesita plantilla para cada ascensor. Las perforaciones de sujeción de la polea de desvío varían de acuerdo al modelo, y el alargado también	4	0,2
A.4	Grado dificultad partes de máquina	8%	Muchas partes a fabricar para todos los modelos. Alto grado de dificultad para la programación por alta variabilidad	2	0,16
A.5	Cantidad de recursos solicitados	5%	Corte, soldadura, punzonado, dobladora, fundición, perforado, torneado, mecanizado	6	0,3
<b>B</b>	<b>ENSAMBLE / INSTALACIÓN</b>	<b>25%</b>			
B.1	Facilidad de instalación/montaje	10%	Requiere desensamblar si se va a cambiar la DG, y cuando el ascensor ya está montado es difícil. Requiere embeber los "anclajes en U" en la losa del edificio antes de instalar la bancada	5	0,5
B.2	Manipulación ( <i>handling</i> )	3%	Pocas partes	10	0,3
B.3	Composición ( <i>composing</i> )	6%	Fácil de armar, de fábrica viene una configuración predeterminada, excepto por el sistema masa resorte. Requiere soldadura entre los anclajes y la estructura	4	0,24
B.4	Chequeo ( <i>checking</i> )	6%	Se requiere herramienta especializada para medir la Fn y calibración.	7	0,42
<b>C</b>	<b>FACTOR ECONÓMICO</b>	<b>10%</b>			
C.1	Valor materia prima	10%	Vigas metálicas	8	0,8
<b>D</b>	<b>FACTOR ESTÉTICO</b>	<b>5%</b>			
D.1	Presentación de la bancada	5%	Sencilla y bien terminada por las pocas partes	6	0,3
<b>E</b>	<b>DESEMPEÑO</b>	<b>35%</b>			

E.1	Pocos factores que afecten su funcionalidad	7%	La viga 4.b varia de acuerdo al modelo y la base de máquina	8	0,56
E.2	Poder variar la caída de cables según el modelo en obra.	10%	Puede variar pero en un rango preestablecido en fábrica.	9	0,9
E.3	Dificultad para aislar las vibraciones	7%	Para cada ascensor se debe calcular la Fn requerida y aumentarle peso o restarle.	3	0,21
E.4	Confiable	8%	Las vigas dan la sensación de que se puede caer	6	0,48
E.5	Se debe evitar que la bancada caiga al hueco del ascensor en caso de falla	3%	Se puede caer	6	0,18
	<b>Utilidad Global de la combinación</b>	<b>100%</b>			<b>6,02</b>

Se concluye que la combinación que se desarrollará es la A con 8.891 sobre 10, teniendo especial precaución en mejorar o dejar muy bien documentada la manera de manipular y componer la bancada tanto en la instalación como en la planta.

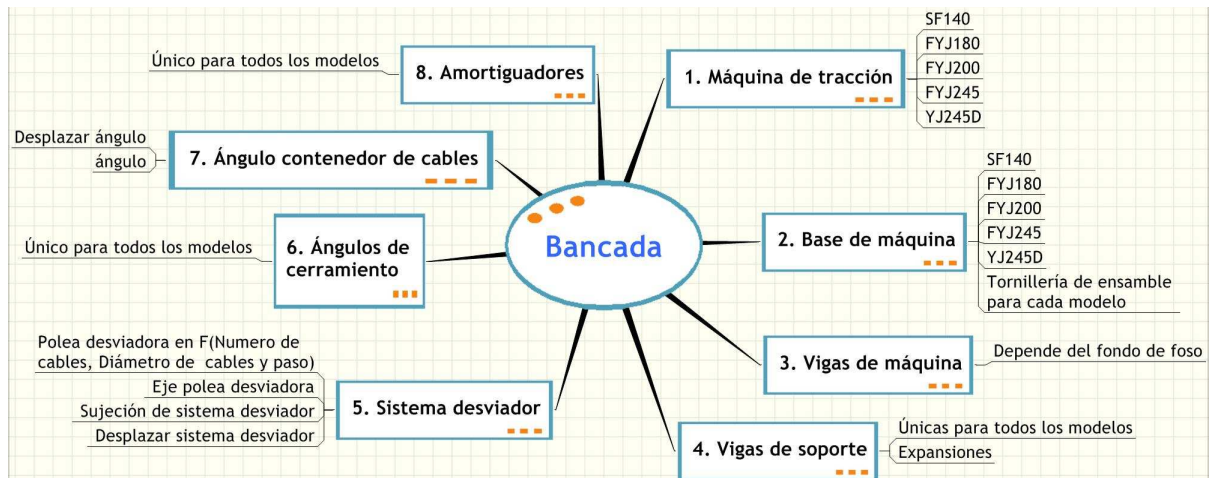
### 5.3.6 Traducir combinación a un concepto de producto

Después de seleccionar la combinación que mejor satisface los requerimientos de diseño, se procede a conceptualizar el producto. Esto requiere definir las fronteras formales entre cada componente y asignarle una geometría básica.

En la Ilustración 46 están representadas las partes que deben diseñarse para conformar la bancada TORIN<sup>49</sup>.

---

<sup>49</sup> Bancada TORIN, será el nombre que se le dará de ahora en adelante al nuevo diseño.



**Ilustración 46 Estructura de partes de Bancada TORIN**

Estas partes están representadas en la Ilustración 47.

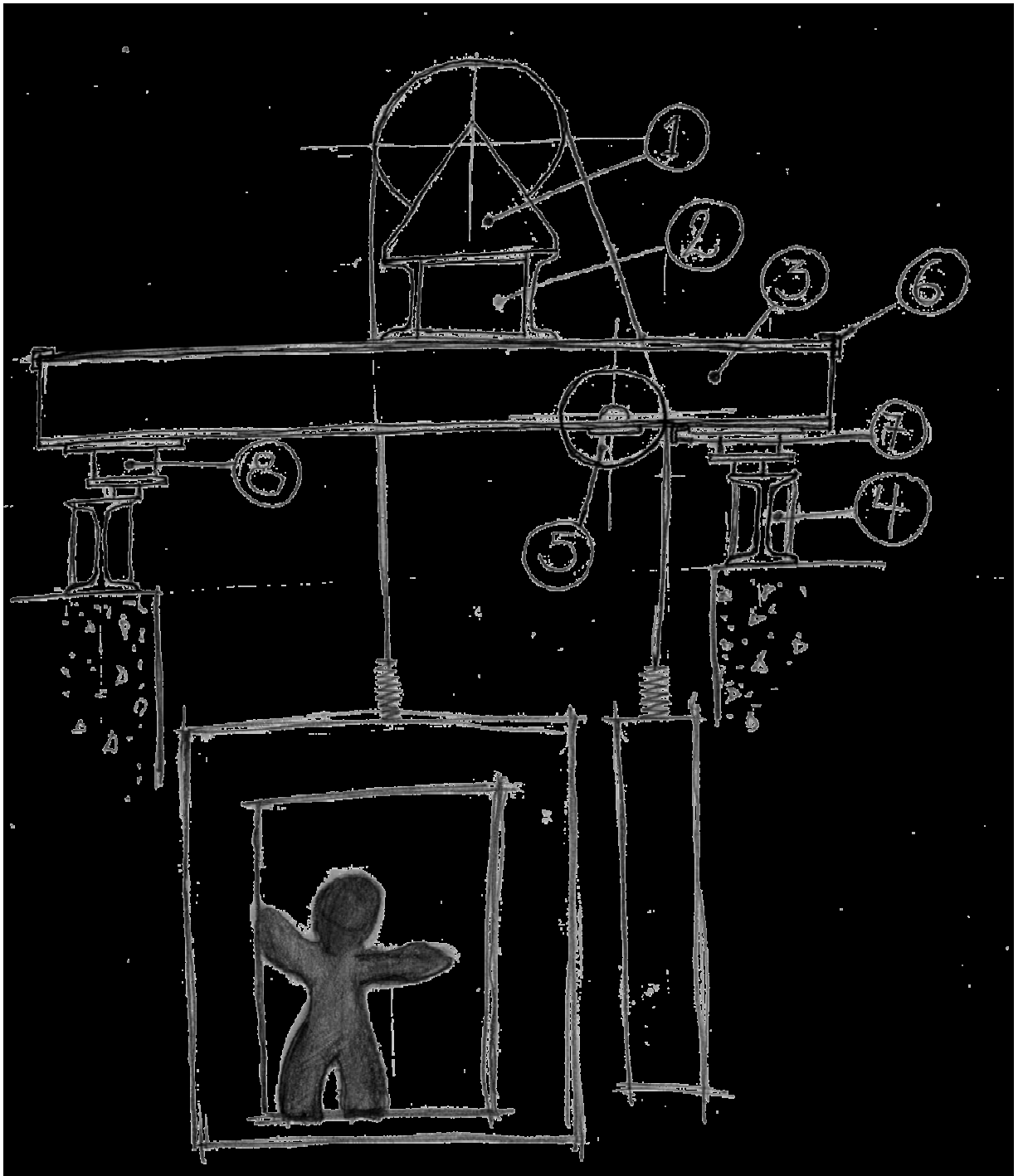


Ilustración 47 Esquema de partes de Bancada TORIN

En la Tabla 20 está cada uno de los componentes y algunas consideraciones para diseñarlos.

**Tabla 20 Consideraciones de diseño**

Ítem		Consideraciones de diseño
1	Máquina de tracción	Ya están definidas
2	Base de máquina	Debe ubicar la polea tractora en el centro de la bancada a lo ancho. El ancho de la bancada debe ser el mismo para todos los modelos.
	SF140	
	FYJ180	
	FYJ200	
	FYJ245	
	YJ245D	
	Tornillería de ensamble para cada modelo	La tornillería de ensamble de la máquina con la bancada depende de la perforación en la máquina. El sistema de bridas que permite desplazar la máquina debe ser único para todos los modelos.
3	Vigas de máquina	Esta viga debe ser viga en I para poder utilizar las bridas tanto del sistema desviador como de la máquina. Debe tener la longitud de fondo de foso más lo que necesite para apoyarse en los amortiguadores. No deben ser muchos modelos, tratar de establecer rangos
4	Vigas de soporte	Deben ser únicas para todos los modelos y ojala salga de los retales que se cortan de la viga de máquina. Se deben calcular con la carga máxima.
	Expansiones	Deben ser únicas para todos los modelos y de la referencia que más se use en la compañía que cumpla la función y que sea la más barata
5	Sistema desviador	Deben diseñarse todos los modelos posibles de poleas desviadoras pero todas deben tener la misma geometría y diámetro, lo único que puede variar es el ancho. Esto responde a los moldes que ya tiene COSERVICIOS S.A. actualmente que son de 400x100, 400x145 y 400x203.
	Polea desviadora en F(Número de cables, Diámetro de cables y paso)	
	Eje polea desviadora	El eje debe ser único para todos los modelos, de esta manera se puede producir en serie y los rodamientos son los mismos.
	Sujeción de sistema desviador	Debe ser el mismo para todos los modelos.
	Desplazar sistema desviador	Se utilizan las bridas que se utilizan en el resto de la bancada y de esta manera se estandariza. Se debe hacer en una lámina punzonada para facilitar la fabricación.

Ítem		Consideraciones de diseño
6	Ángulos de cerramiento	Se debe fabricar de ángulo comercial y del que más se compre en la compañía, que cumpla con las condiciones de carga
7	Ángulo contenedor de cables	Se debe poder mover a través de la viga de máquina para ajustarse a la posición de la polea desviadora. Pueden ser bridas
	Desplazar ángulo	
	ángulo	Debe fabricarse del mismo ángulo que los de cerramiento.
8	Amortiguadores	Se le compran al proveedor de las máquinas, único para todos los modelos.

#### 5.4 DISEÑO PARA DAR FORMA

En este sub-capítulo estará documentado el resultado del proceso de diseño preliminar que permitirá hacer ajustes y verificaciones en un proceso posterior. Es importante documentar las restricciones del sistema, las geometrías y materiales preliminares que pueden cumplir las funciones establecidas.

##### 5.4.1 Diseño preliminar

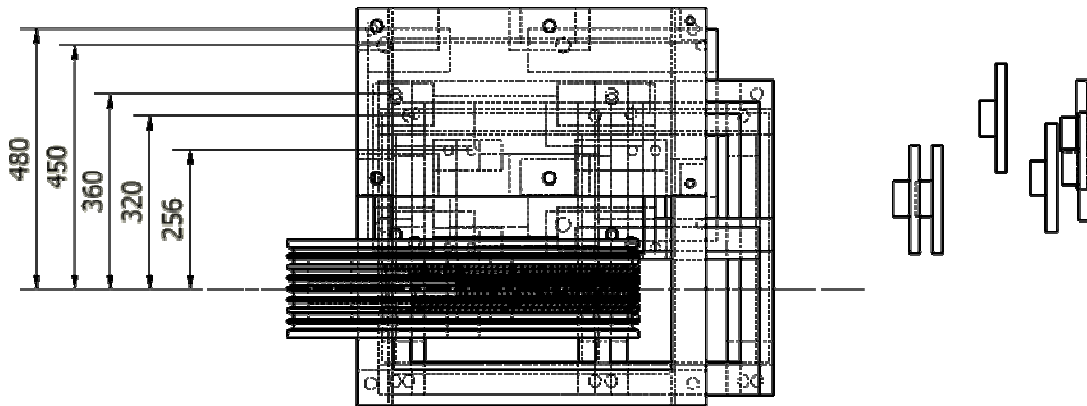
A continuación los diseños preliminares para los componentes de la bancada, exceptuando las máquinas de las cuales se habló en la página 28 del presente documento, 1.4.1 Máquinas actuales de COSERVICIOS S.A..

##### Base de máquina

En la Ilustración 49, está la representación de una de las bases de máquina. El proceso de diseño de las bases de máquina debe considerar que desde este componente hacia abajo, no debe variar nada más que la polea desviadora.

Adicional a esto, el centro de la polea desviadora debe quedar en el plano de simetría entre las vigas de máquina y todas las máquinas vienen con perforaciones diferentes.

Al trasponer las bases de los reductores de las máquinas, alineando los centros de la polea tractora, se encuentra que no hay ningún patrón. (Ver Ilustración 48)



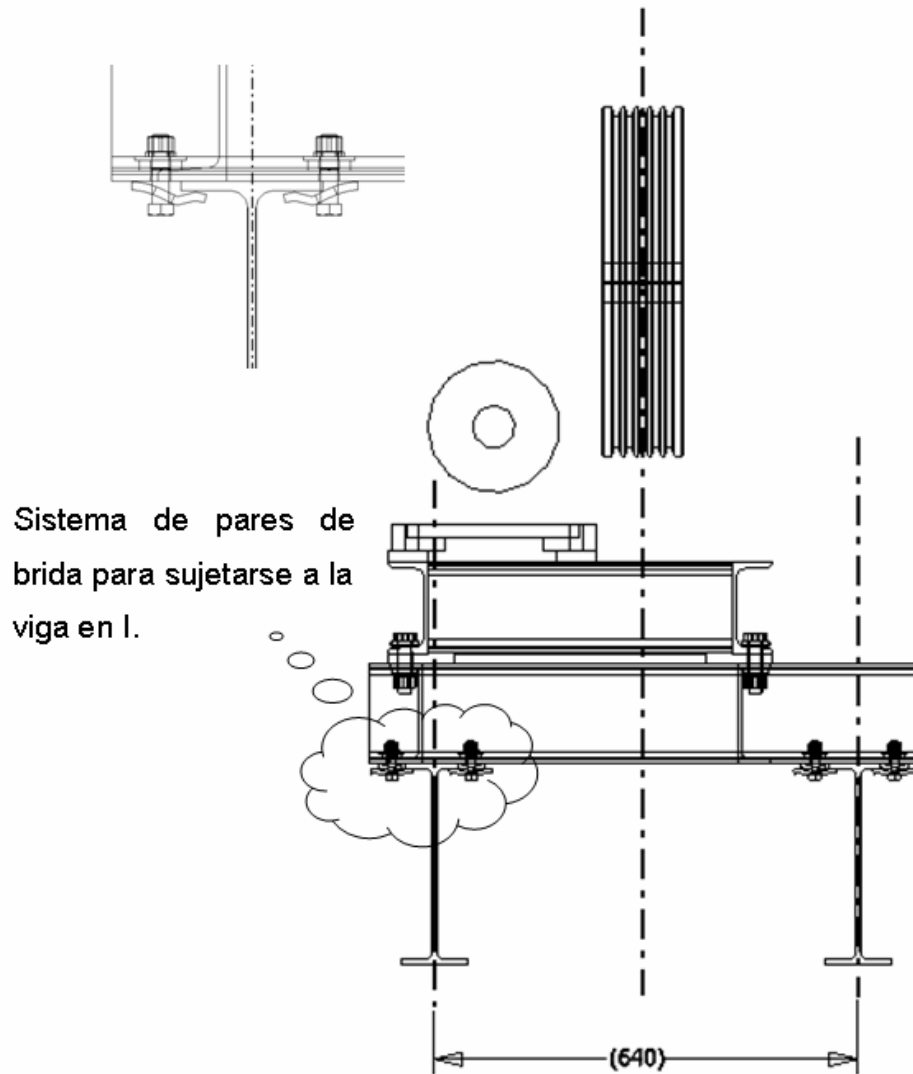
**Ilustración 48 Bases de los reductores de máquina traspuestos**

Es en estas situaciones en donde un ingeniero tiene que hacer lo que mejor sabe hacer... ingeniárselas!!!

Pues si, el problema es: con las poleas tractoras alineadas ingeniarse un diseño de base de máquina para que los componentes que sigan de ahí hacia abajo sean los mismos para todas las bancadas.

Utilizando el sentido común y el criterio de ingeniero, se decide que las bases de máquina van a tener una constante: En la base, todas irán con un sistema de 8 bridas (4 puntos de unión de a dos bridas) para sujetarse a las vigas de máquina (que son vigas en I) y están en la misma posición relativa con respecto al centro de la polea tractora. Ahora, queda definir la distancia entre los centros de las vigas de máquina para definir el paso entre los pares de bridas que van a agarrarse a la viga de máquina. Este paso lo define la máquina que más rotación va a tener que es la que corresponde a 630Kg de capacidad; es decir la FYJ180. El paso es

entonces 640mm, el doble que la distancia entre la polea y la perforación de la máquina FYJ18 0 (ver Ilustración 49)



**Ilustración 49** Ensamble de base de máquina.

En la Tabla 21 están las bases de máquina para cada una de las máquinas y la tornillería con la que se ensamblaría. Se cumple la consideración de diseño sobre las bridas que permiten el desplazamiento de la máquina.

**Tabla 21 Diseño preliminar de base de máquina**

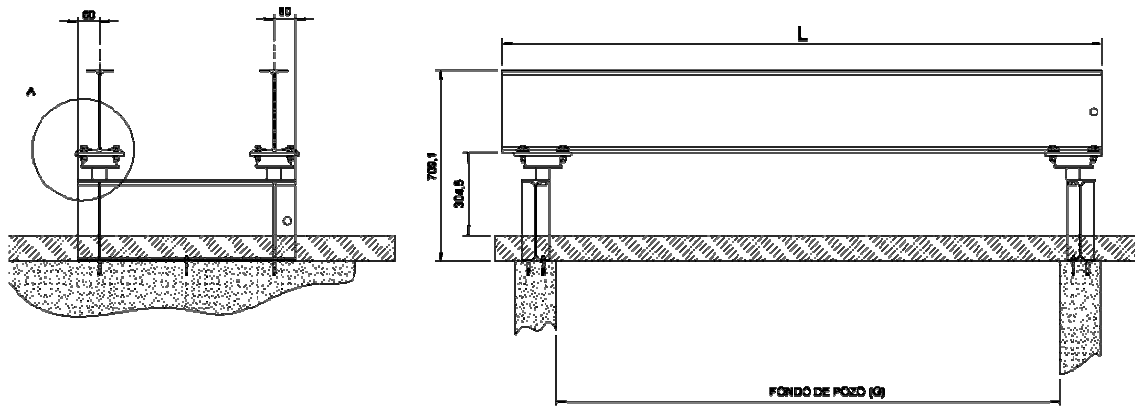
	SF140	FYJ180	FYJ200	FYJ245	YJ245D																					
Base de máquina																										
Ensamble a máquina																										
Ensamble entre si		/																								
Ensamble a viga de máquina	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>1</td> <td>TUERCA GALV M 12 X 1.76</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> <td>WASA GALV 1/2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> <td>ARANDELA GALV 1/2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>Arandela Inclinacion para tornillo M12</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>Bloca Silent block XINDA</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>TORNILLO CE M 12 X 50</td> </tr> <tr> <td>ITEM</td> <td>QTY</td> <td>NOMBRE</td> </tr> </tbody> </table>					6	1	TUERCA GALV M 12 X 1.76	5	1	WASA GALV 1/2	4	1	ARANDELA GALV 1/2	3	1	Arandela Inclinacion para tornillo M12	2	1	Bloca Silent block XINDA	1	1	TORNILLO CE M 12 X 50	ITEM	QTY	NOMBRE
6	1	TUERCA GALV M 12 X 1.76																								
5	1	WASA GALV 1/2																								
4	1	ARANDELA GALV 1/2																								
3	1	Arandela Inclinacion para tornillo M12																								
2	1	Bloca Silent block XINDA																								
1	1	TORNILLO CE M 12 X 50																								
ITEM	QTY	NOMBRE																								

### Vigas de máquina

La viga de máquina es la viga que atraviesa el hueco en el sentido del fondo de foso. Cada obra tiene unas dimensiones de foso diferentes para poder adaptarse a su diseño arquitectónico.

Las vigas comercialmente se consiguen de 6 y 12 metros de longitud, y hay que tratar de optimizar el consumo de material y el número de cortes. Para este fin, se deben analizar los rangos de foso en los que se mueve la bancada TORIN, estos rangos corresponden al mínimo fondo de foso del equipo más pequeño hasta el tamaño máximo de foso para un MK15. (Ver Tabla 22).

En la Ilustración 50 se ve la viga de máquina sobre las vigas de soporte, “L” es la longitud de la viga y “G” es el fondo de foso.



**Ilustración 50 Vigas de máquina**

El rango es muy amplio y sólo se están teniendo en cuenta un valor promedio para cada modelo. Si utilizáramos una viga de máquina por modelo tendríamos como mínimo 14 referencias, más los diseños especiales que se tendrían que generar cuando se el valor se salga del rango.

**Tabla 22 Fondos de foso**

MODELO	G
TL4	1300
TL6	1630
TL8J	1600
TL8	1730
TL10	1830
TL12	1930
TL15	2100
TL20	2420
MC 10 SIMPLE ACCESO	2560
MC 10 DOBLE ACCESO	2580
MC 15 SIMPLE ACCESO	2560
MC 15 DOBLE ACCESO	2580
MK 10	2100
MK 15	2700

Es por esto que se decide trabajar las vigas de máquina de acuerdo a unos rangos mínimos y máximos del fondo de foso. Estos rangos arrojaron vigas de 1800, 2200, 2500 y 3000 mm de longitud (ver Tabla 23).

**Tabla 23 Rangos de foso y vigas de máquina**

Gmín	Gmax	Longitud de viga de máquina
1300	1550	1800
1551	1930	2200
1931	2200	2500
2201	2700	3000

Estas vigas, como criterio de diseño, no deben sobresalir más de 300mm de las vigas de soporte en sentido horizontal.

Para cada ascensor se requieren dos vigas de máquina, lo que equivale a un desperdicio por viga de 6 metros como se expresa en la Tabla 24

**Tabla 24 Desperdicio de vigas de máquina**

Viga	Consumo total	Desperdicio x 6mts
1800	3600	2400
2200	4400	1600
2500	5000	1000
3000	6000	0

#### Vigas de soporte

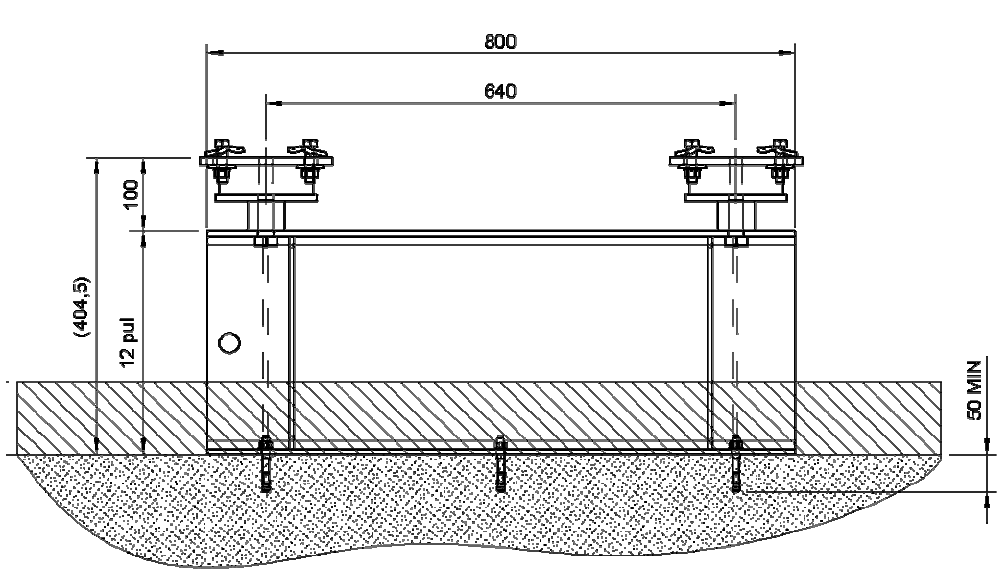
Las vigas de soporte deben ser componentes únicos independientes del modelo de ascensor que se vaya a producir. Siempre e deben producir dos vigas de soporte.

Esta viga puede de cualquier tipo comercial, siempre y cuando soporte las cargas a las que va a estar sometida y tenga las medidas necesarias.

De las vigas de máquina nos quedaron retales de los cuales sólo uno es reutilizable, cuando se fabrican de 1800mm de longitud.

Que tal si esos retales se pueden utilizar en las vigas de soporte?

Se necesita que la longitud sea superior a 640mm (distancia entre ejes de vigas de máquina – ver Ilustración 49) y lo suficientemente grande como para que el amortiguador (ver Ilustración 51) agarre la viga de máquina.



**Ilustración 51 Viga de soporte**

Entonces, los desperdicios (múltiplos de 800mm excepto por uno), que se tenían de la viga de máquina se reprocesan y se cortan en tramos de 800mm, con lo que se obtiene un desperdicio total de 200mm, y se reduce el número de cortes necesarios porque cada corte que se hace le sirve a dos tramos útiles (excepto el que tiene desperdicio de 200mm)<sup>50</sup>.

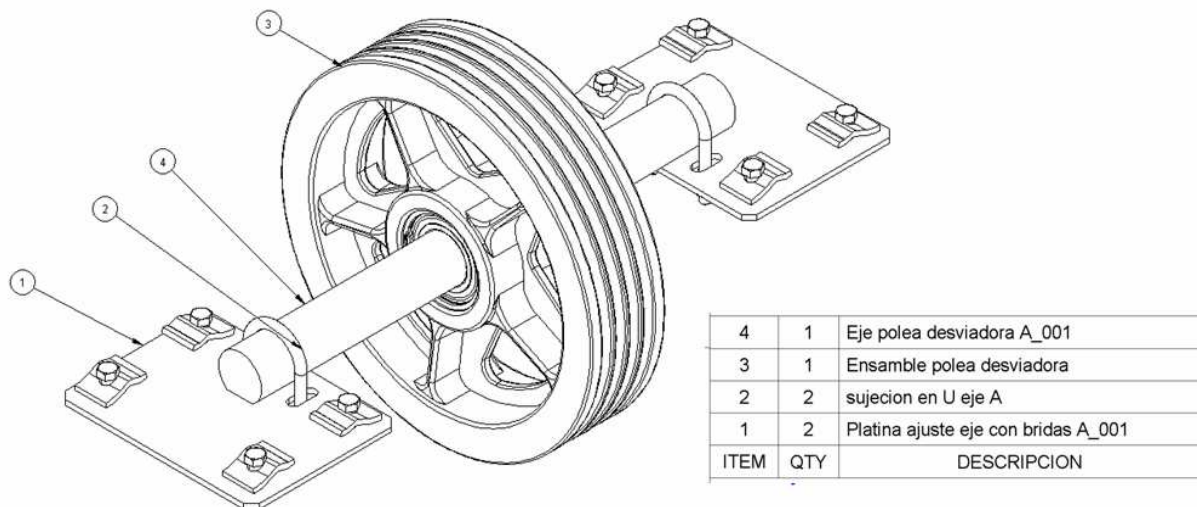
---

<sup>50</sup> Se debe tener en cuenta que este desperdicio depende de los volúmenes y la mezcla de producción

Las vigas de soporte deben estar perforadas para poder instalar las expansiones contra el concreto del cuarto de máquinas. Además, deben tener la perforación para sujetar el amortiguador (damper).

### Sistema desviador

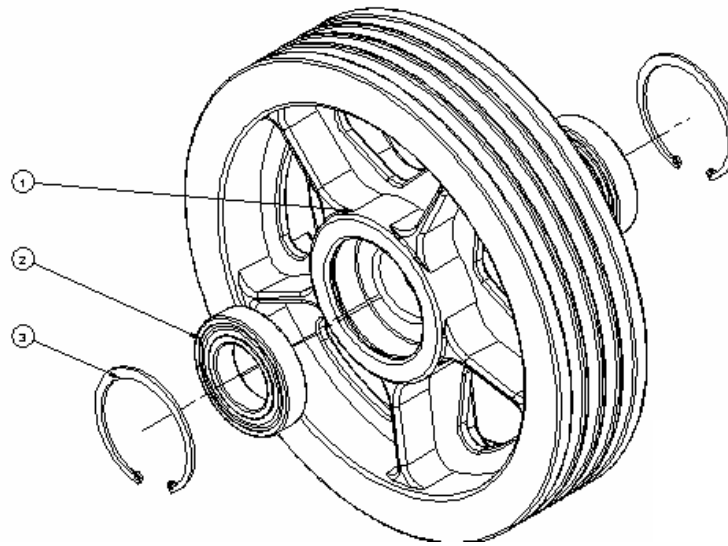
El sistema desviador se rige por los cables de tracción y estos son determinados por la máquina. Para cada grupo de cables expresados en la columna “Cables de tracción (# de cables x Ø de cable x paso entre cables)”, de la Tabla 2, debe existir una polea desviadora (ver Ilustración 52) que respete el número de cables, el paso y el diámetro.



### **Ilustración 52 Sistema desviador**

La polea desviadora se fabrica por fundición en arena y se tienen tres moldes de 400x100, 400x145 y 400x203. De estos moldes se deben poder fabricar las poleas.

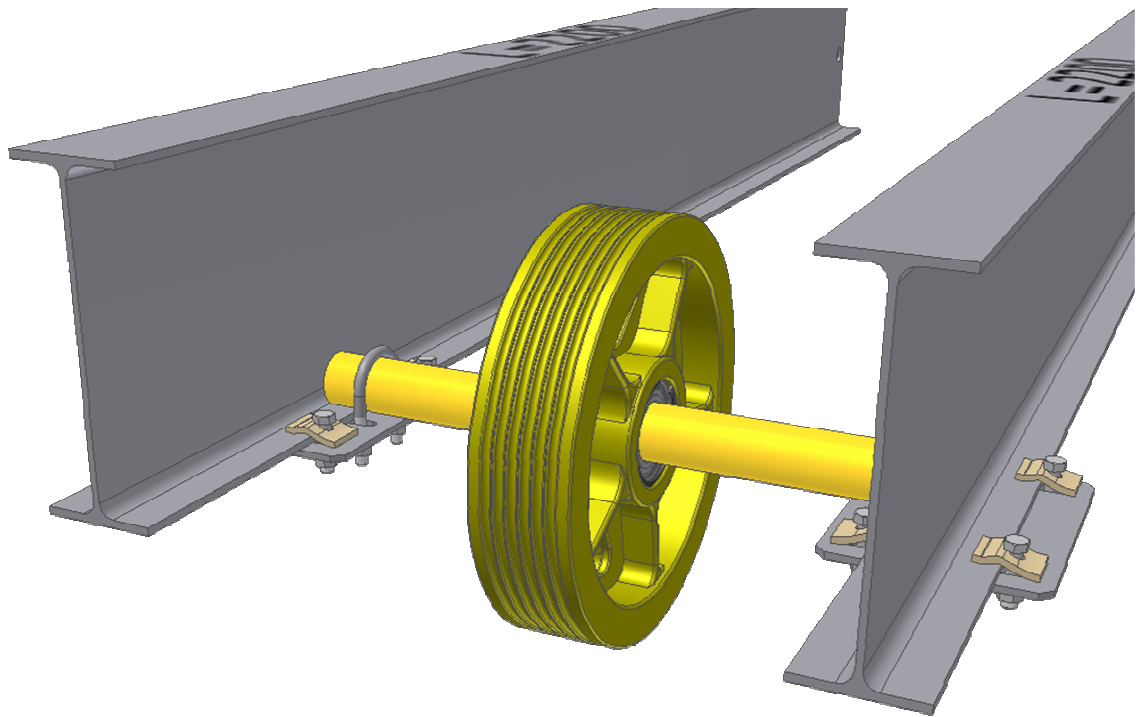
La polea tiene dos rodamientos y dos pines, que permiten que la polea gire libremente en el eje (ver Ilustración 53).



**Ilustración 53 Polea desviadora**

Ahora bien, el eje debe ser único para todas las bancadas, no se debe tener ningún elemento colgando, la polea desviadora debe estar lo más abajo posible (para que la altura total de la bancada sea la menor posible) y se debe poder desplazar el sistema desviador.

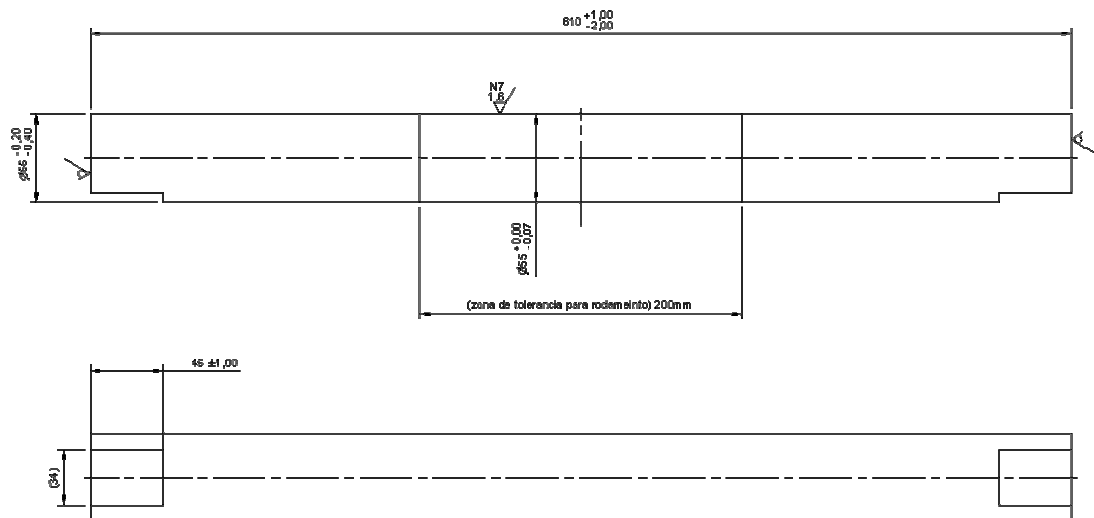
La solución a este planteamiento es apoyar el eje en la cara interna de la viga de máquina como se ve en la Ilustración 54.



**Ilustración 54 Sistema desviador y vigas de máquina**

El eje, entonces, debe ser menor que la distancia entre vigas de máquina, pero debe ser lo más grande posible. Además, el sistema debe quedar estable; para esto se le maquina una cara plana al eje, ver Ilustración 55.

La cara del eje que queda apoyada en la viga, sirve de brida cuando se junta con el perno en U y la lámina que sostiene las bridas y permite el desplazamiento del sistema desviador. El eje mismo se amarra con el perno en U a las vigas de máquina.

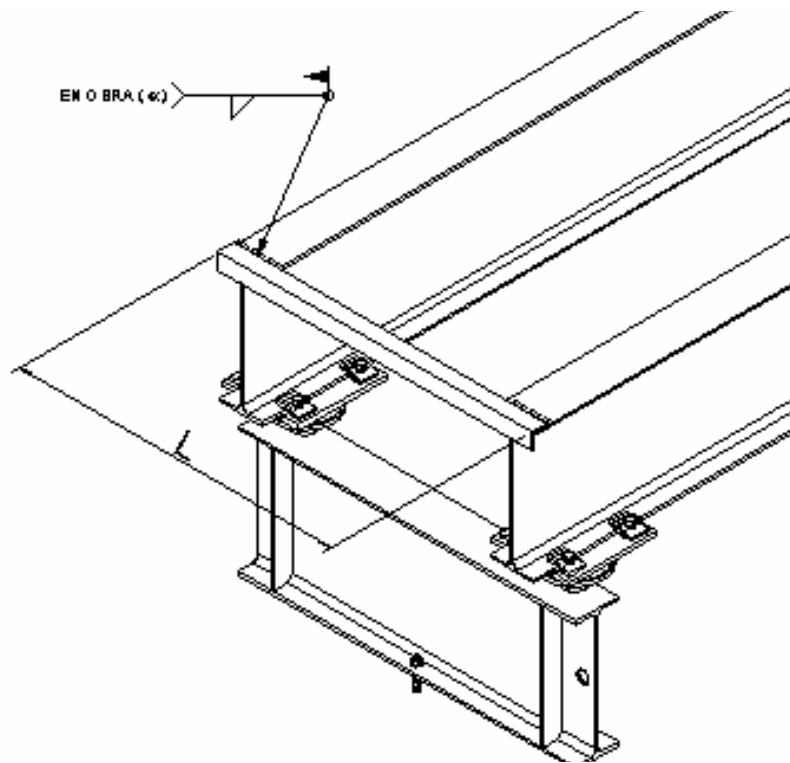


### Ilustración 55 Eje de sistema desviador

Esta forma de ensamble del sistema desviador, obliga a que las vigas de soporte tengan una dimensión mínima en la cual la polea no choca con el suelo.

### 🔧 Ángulos de cerramiento

Los ángulos de cerramiento, son ángulos que se sueldan en obra a las vigas de máquina para completar un marco. Son dos por bancada y tienen la longitud externa entre vigas de máquina, ver Ilustración 56.

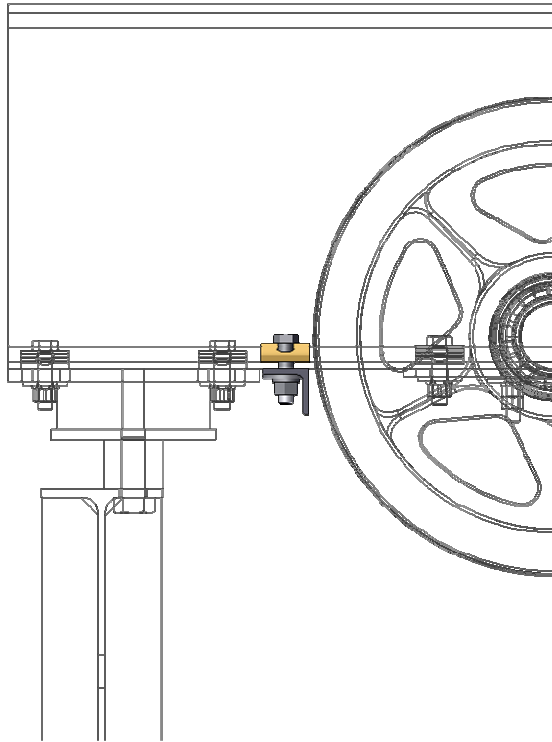


**Ilustración 56 Ángulo de cerramiento**

 **Ángulo contenedor de cables**

El ángulo contenedor de cables es un ángulo sujetado con bridas a la viga de máquinas (ver Ilustración 57)

Este ángulo se debe instalar a 10mm máximo de los cables de tracción y es único para todos los modelos.



**Ilustración 57 Angulo contenedor de cables**

 **Amortiguadores**

Estos amortiguadores se le compran al proveedor de las máquinas.



**Ilustración 58 Amortiguador (damper)**

#### 5.4.2 Definir arquitectura de producto

En la Ilustración 60, hay una representación esquemática de la instalación de la bancada en la obra. Es importante anotar que el método de instalación permite mover los componentes hasta antes de terminar de ajustar el equipo. Una vez la instalación del ascensor está completada, se deben aplicar cordones de soldadura en las partes desplazables para evitar que se desajuste a futuro (ver Ilustración 59).

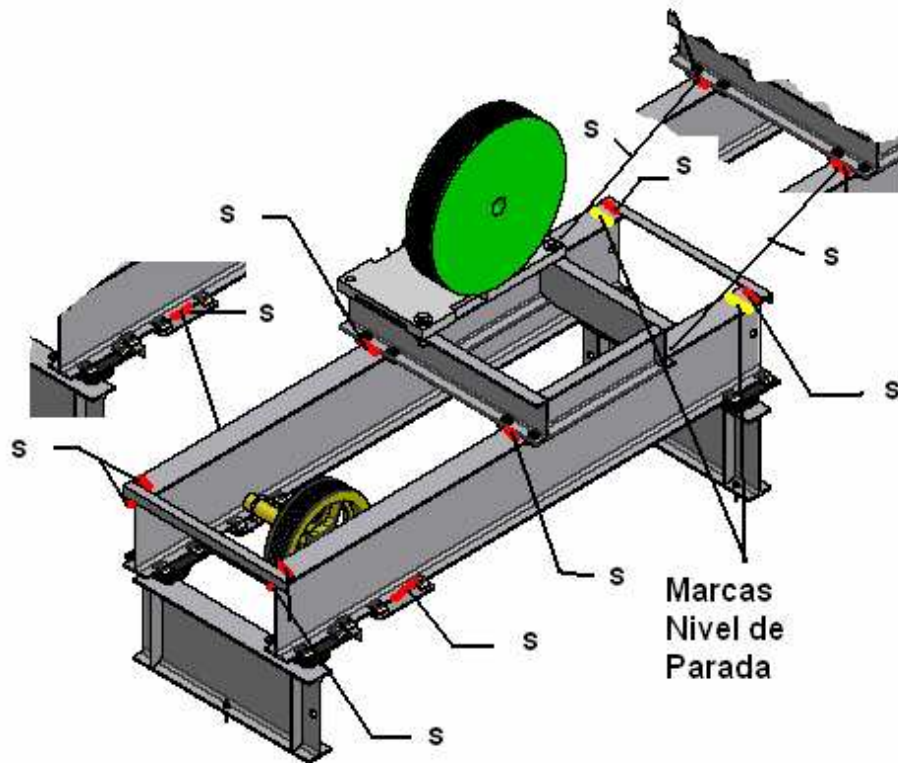
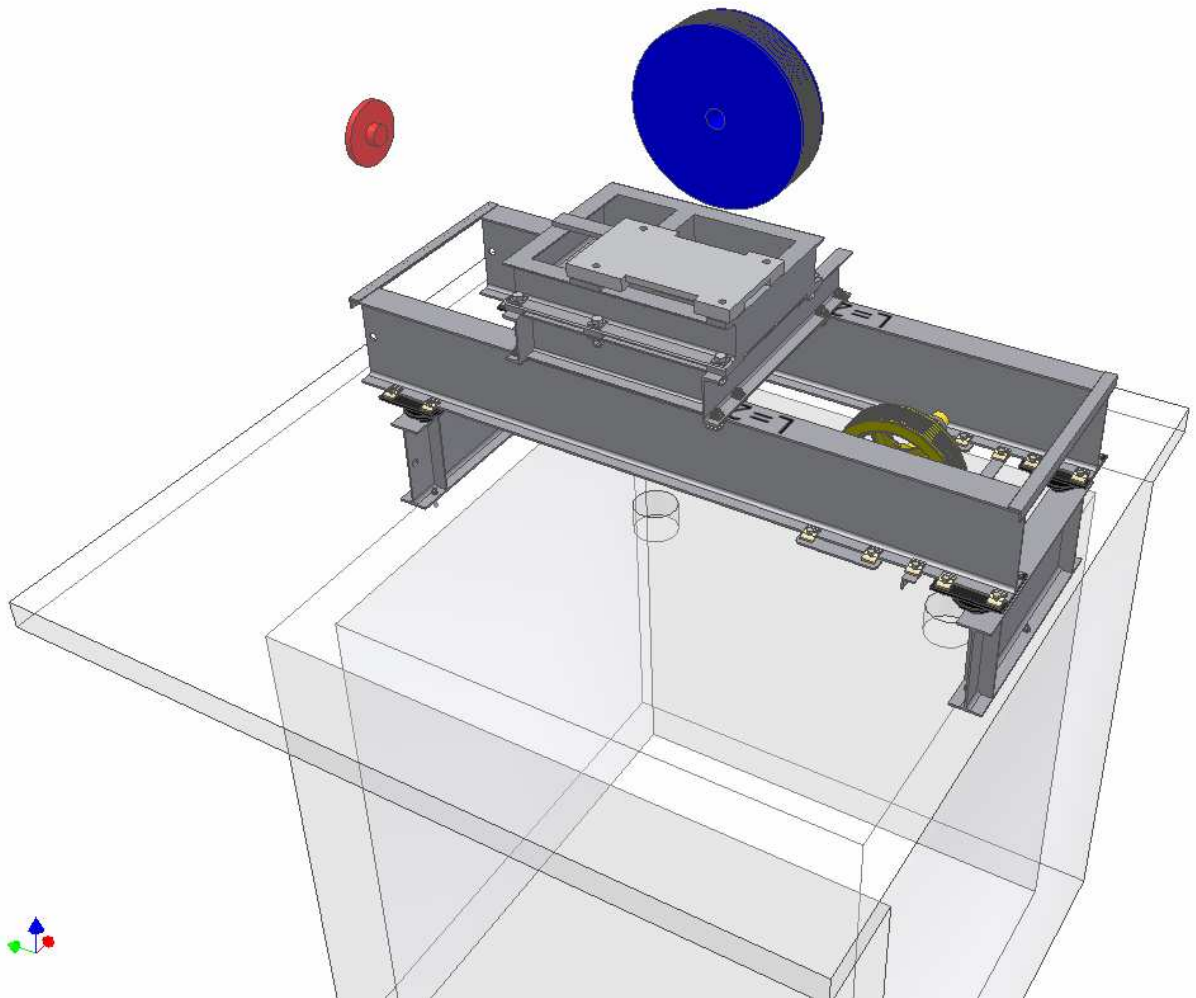


Ilustración 59 Soldadura en obra de la bancada



**Ilustración 60 Bancada completa en cuarto de máquinas**

La bancada TORIN varía dimensionalmente de acuerdo a la máquina que se instale (altura total de la bancada, base de máquina y polea desviadora) y al fondo de poso en donde se instale (longitud de viga de máquina.) En la Ilustración 61 está un esquemático de la relación dimensional que tiene la bancada con el cuarto de máquinas.

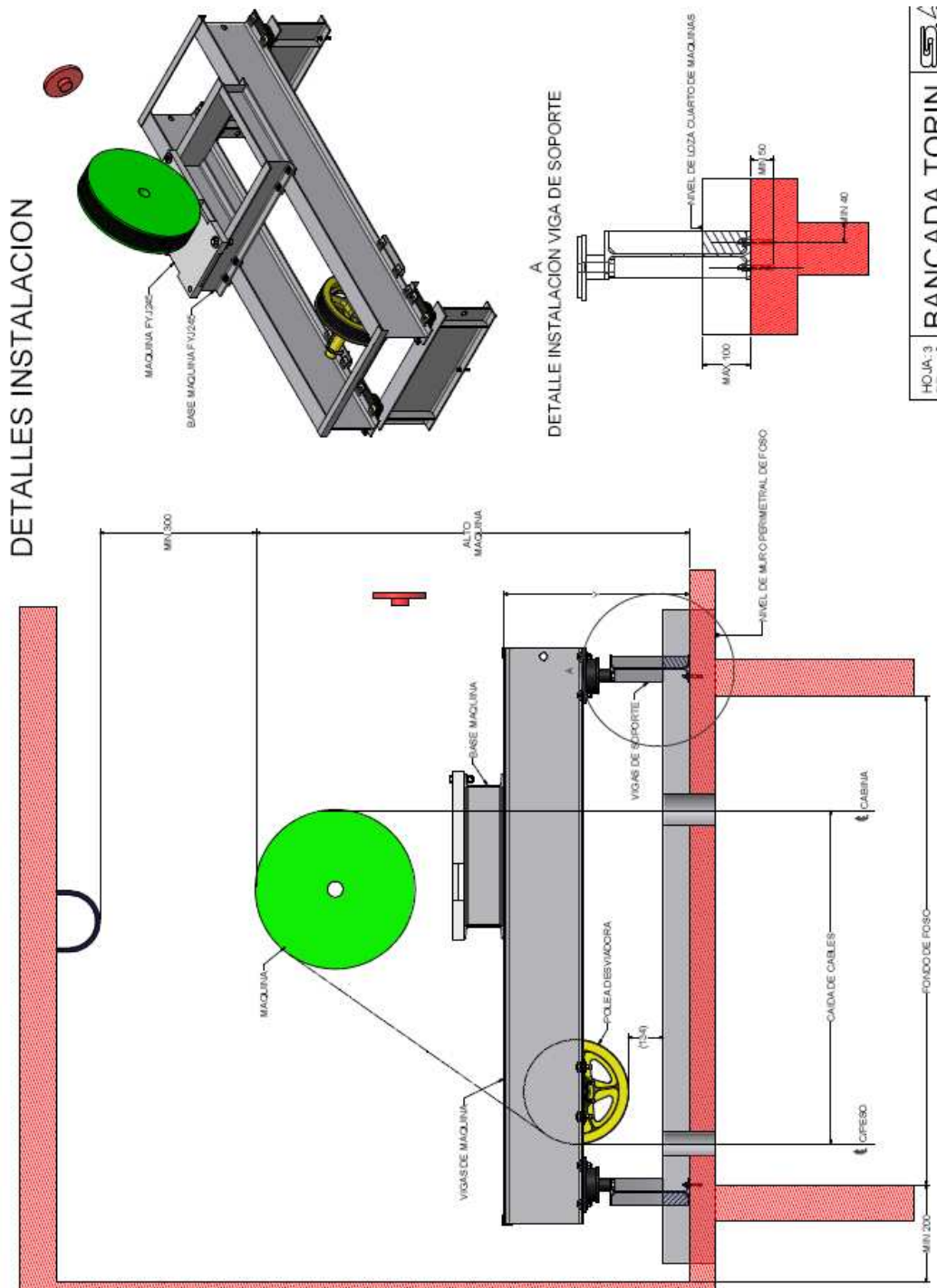


Ilustración 61 La bancada TORIN y el cuarto de máquinas

## 5.5 DISEÑO DE DETALLE

### 5.5.1 Desarrollo del diseño

En la Tabla 25, están consignados los parámetros que se utilizaron para el desarrollo de los cálculos de tracción y dos casos de análisis. El caso 1 es un ascensor TL8<sup>51</sup> a 1m/s que es uno de los modelos con mayor rotación y el caso 2 es un TMC15 a 1m/s que es un equipo que exige mayor ángulo de abrazamiento que los demás.

**Tabla 25 - Parámetros para el cálculo de la tracción y dos casos**

#	TITULO PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	Caso 1	Caso 2
1	Ascensor	Modelo y velocidad	TL-8 - 1.0 m/sg	TMC-15 - 1.0 m/sg
2	Q	Carga nominal Kg	600	1125
3	Vc	Velocidad (m/sg)	1	1
4	P	Peso Cabina + Bastidor Kg	733	890
5	P + Q	Peso Cabina + Bastidor + carga nominal Kg	1333	2015
6	Cadena de compensación	Diámetro del eslabón in	5/16"	3/8"
7	MAQUINA	Referencia de máquina de tracción	FYJ180	FYJ245
8	revoluciones	rpm	3071	955
9	Carga estática en el eje	Kg	1432	12000
10	Altura máxima	mts	45	75
11	Capacidad de carga	carga de la máquina (kg)	630	1150
12	polea tractora	(mm)	480	610
13	Numero de cables	#	4	5

---

<sup>51</sup> TL es la denominación que se le da a los ascensores de pasajeros, los modelos estándar van desde TL4 hasta TL12.

#	TÍTULO PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	Caso 1	Caso 2
14	Diámetro de cables	(mm)	12	13
15	Peso	Maquina Torin (Kg)	430	860
16	PESO	CONTRAPESO (Kg)	1033	1453
17	Caída de Cables	Estándar (mm)	770	1060
18	Peso del cable (Kg/mt)	Kg/mt	0,6	0,6
19	Peso de un ramal de cables	Kg por mL	2.4	3
20	Cabina cargada (125% de Q) en planta baja	Condición A	-	-
21	T1	Carga en los cables de carro	14713	23389
22	T2	Carga en los cables de contrapeso	10134	14249
23	T1/T2	Relación entre la carga estática mayor (T1) y menor (T2)	1,45189	1,64141
24	Cabina descargada en planta alta	Condición B	-	-
25	T1	Carga en los cables de contrapeso	10299	15111
26	T2	Carga en los cables de carro	7191	8731
27	T1/T2	Relación entre la carga estática mayor (T1) y menor (T2)	1,4322	1,73079
28	T1/T2 MAX	Caso más desfavorable	1,45189	1,73079
29	f (factor de rozamiento)	Depende de la geometría de la polea tractora	0,197223	0,199799
30	$\alpha$ min.	ángulo de abrazamiento (en radianes)	1,89	2,75
31	$\alpha$ (GRADOS)	ángulo de abrazamiento (en grados)	108	157
32	T (tensión estática del cable)	Tensión máxima en un solo cable	3269	3953
33	$\delta$ (DELTA) en radianes	Geometría de la polea tractora	2,618	2,618
34	$\beta$ (BETA) en radianes	Geometría de la polea tractora	1,65806	1,68424
35	P (en el cable)	Presión específica en el cable	6,6148	6,0333
36	Geometría de bancada	Ver Ilustración 40	-	-
37	d	(diámetro desviadora)	400	400
38	l	(distancia horizontal entre ejes)	330	555
39	h	(distancia vertical entre ejes)	67	1055
40	Am	(altura de la base de la máquina al eje)	540	490
41	S	(altura desde eje de desviadora hasta base de máquina) mínima	0	397,86

#	TÍTULO PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	Caso 1	Caso 2
42	H <sub>-</sub>	Altura total desde el piso hasta la polea tractora (mínima)	907	1793

Después de hacer el análisis en todos los modelos estándar de COSERVICOS S.A., utilizando los parámetros establecidos en la Tabla 25, se concluye que la altura de la viga de máquina más la altura de la base de máquina debe ser igual o superior a 400mm. Este valor equivale al valor de “S”.

En la Ilustración 62, se muestra la hoja de cálculo que permitió seleccionar la opción más económica de viga I para la viga de máquina, que cumpliera con el módulo de sección mínimo ( $S_{min}^{52}$ ), con el ala para poder ensamblar el amortiguador con las bridas y la altura hasta la base de máquina (S).

Designación	Peso	Area	Dimensiones						Precio \$/mt	Precio \$/mt (ferrasa)
			Altura	Ala						
	kg/m	cm <sup>2</sup>	d	tw	bf	tf	lx	ly		
			mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>		
20 W 8" X 13	19,3	25,1	203,0	5,8	102,0	8,5	1886,0	116,0	\$ 62.108	
21 IPE 200	22,4	28,5	200,0	5,8	100,0	8,5	1943,0	142,0	\$ 59.186	
22 W 8" X 15	22,5	29,0	206,0	8,2	102,0	8,0	2029,0	142,0	\$ 60.204	
23 W 10" X 12	17,9	23,1	251,0	4,8	101,0	5,3	2231,0	91,0	\$ 47.856	
24 W 8" X 16	26,5	34,2	207,0	5,8	133,0	8,4	2611,0	330,0	\$ 70.989	
25 W 10" X 15	22,3	28,9	254,0	5,8	102,0	8,9	2830,0	123,0	\$ 59.986	
26 W 12" X 14	21,0	27,2	303,0	5,1	101,0	5,7	3776,0	98,0	\$ 56.467	\$ 261.627
27 W 12" X 16	23,8	30,7	305,0	5,8	101,0	6,7	4346,0	116,0	\$ 63.733	\$ 299.512
28 IPE 210	26,1	45,9	270,0	6,6	135,0	10,2	5730,0	420,0	\$ 85.288	\$ 445.917
29 W 14" X 22	32,9	42,1	348,0	5,8	127,0	8,5	8359,0	281,0	\$ 87.400	

Ilustración 62 - Comparación de perfiles en I (en Excel)

<sup>52</sup> PÉREZ, H. Op. Cit. p48

La viga seleccionada fue la W12"x 16#, con sustitución en el sistema europeo por la IPE 270.

En la Ilustración 63, se muestra el modelo de cálculo desarrollado para calcular la estabilidad lateral de la viga.

	A	B	C	D	E
1					
2	<b>Estabilidad en vigas</b>				
3					
4		d	303 mm		
5		tw	5,1 mm		
6		Constante	537		
7		Fy	22,43 Kg/mm <sup>2</sup>		
8		bf	101 mm		
9		tf	5,7 mm		
10		Lu	3000 mm		
11		Af	34944 mm <sup>2</sup>		
12					
13	Ecuacion 1	59,41176471	≤	113,3959253	<b>cumple</b>
14	$d/tw \leq 537/\text{raiz}(F_y)$				
15					
16	Ecuacion 2	8,859649123	≤	11,4029422	<b>cumple</b>
17	$bf/2tf \leq 54/\text{raiz}(F_y)$				
18					
19	Ecuacion 3	3000	≤	1343,64669	
20	$Lu \leq 63bf/\text{raiz}(F_y)$				
21					
22	Ecuacion 4	3000	≤	72303,17151	
23	$Lu \leq 14060/(d/A_f)F_y$				
24					
25	<b>Esfuerzo permisible</b>	0,66 Fy		14,8 Kg/mm <sup>2</sup>	
26				<b>145,2 Mpa</b>	
27					

**Ilustración 63 - Calculo de estabilidad en vigas (en Excel)**

En la Ilustración 64, se muestran las hojas de cálculo utilizadas para evaluar el comportamiento de las vigas de la bancada.<sup>53</sup>

---

<sup>53</sup> Las hojas de cálculo fueron desarrolladas previamente por el departamento de ingeniería de COSERVICISO S.A.

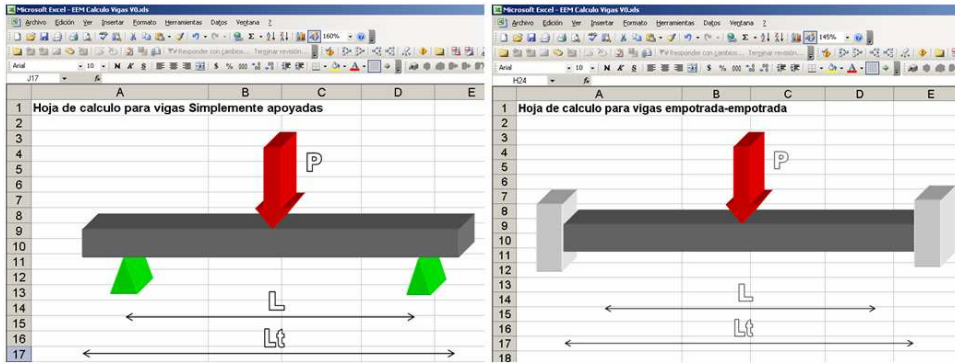


Ilustración 64 - Hojas de cálculo de vigas (en Excel)

En la Ilustración 65, se muestra la hoja de cálculo desarrollada para que al ingresarle los parámetros de geometría de la polea tractora, calcule el factor de rozamiento.

Microsoft Excel - MAY-Calculo de traccion_rev0.xls													
Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?													
100%													
Responder con cambios... Terminar revisión...													
Arial 10													
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													

Semicircular con entalla		FACTOR DE ROZAMIENTO POLEAS DE CANAL SEMIESFÉRICA CON ENTALLA					
Deceleración en m/s <sup>2</sup>	C1	C2	Cálculo general				
0,700	1,154	1,000	FYJ180	FYJ200	FYJ245	SF-140	YJ245D
0,750	1,166	1,000	Coefficiente de fricción cable-polea (Mu)	0,1	0,1	0,1	0,1
0,800	1,178	1,000	γ (GAMMA)	30	30	30	30
0,850	1,190	1,000	γ (GAMMA) en radianes	0,52	0,52	0,52	0,52
<b>0,900</b>	<b>1,202</b>	<b>1,000</b>	β (BETA) (se utiliza el del catálogo)	95,0	96,5	96,5	90,0
0,950	1,214	1,000	β (BETA) en radianes	1,66	1,68	1,68	1,57
1,000	1,227	1,000	δ (DELTA)	150	150	150	150
1,050	1,240	1,000	δ (DELTA) en radianes	2,62	2,62	2,62	2,62
1,100	1,253	1,000	Ø Diámetro del cable	12	13	13	8
1,150	1,266	1,000	Valor de f (considerando δ) radianes	0,197	0,200	0,200	0,189
1,200	1,279	1,000	Valor de f (δ=180°) -f máximo- radianes	0,216	0,219	0,219	0,205
1,250	1,292	1,000					
1,300	1,306	1,000					
1,350	1,319	1,000					
TABLA 2.7 (Miravete, pag 147)			Según EN81-1	0,1972	0,1998	0,1998	0,1892

Ilustración 65 - Cálculo del factor de rozamiento (en Excel)

Para los diseños especiales, que igual seguirán existiendo por las condiciones del mercado, se desarrollo una hoja de cálculo que permite, teniendo la geometría necesaria de la bancada calcular el ángulo de abrazamiento (mínimo) o viceversa.

Luego, el valor del ángulo de abrazamiento (mínimo) o la geometría de la bancada se comparan con los requerimientos de la obra.

	S	T	U	V	W	X	Y	Z
15	Cálculo de ángulo de abrazamiento para equipos especiales							
16								
17		l	575					
18		h	1024,6					
19		Rs	285					
20		Rp	200					
21		φ (radianes)	0,43898849	sen φ	0,42502408			
22		φ (grados)	25,1521877					
23		β (grados)	154,847812					
24								
25								
26								
27				h	1024,6			

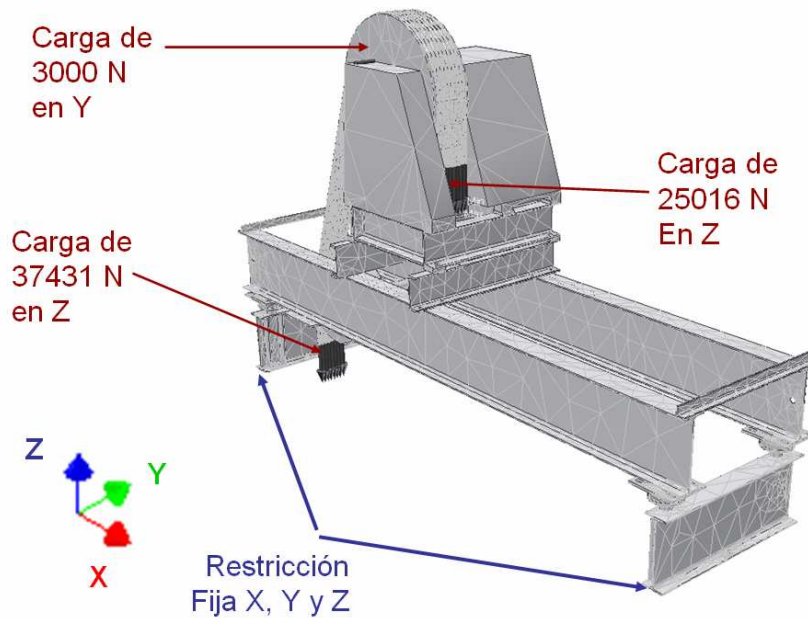
**Ilustración 66 - Cálculo de ángulo de abrazamiento para equipos especiales**

Utilizando software de modelación 3D, se dibujaron todas las partes de la bancada TORIN y por el método de elementos finitos (FEA) se evaluaron algunas de ellas y una simplificación del ensamble general.

Esta evaluación tiene como objetivo validar los factores de seguridad encontrados en los cálculos manuales y analizar como se comportan (de una manera más real que con las idealizaciones matemáticas) las partes al someterlas a los esfuerzos de trabajo.

En la Ilustración 67, se muestra una simplificación de la bancada TORIN con la máquina y los cables. La bancada está empotrada en la losa del cuarto de

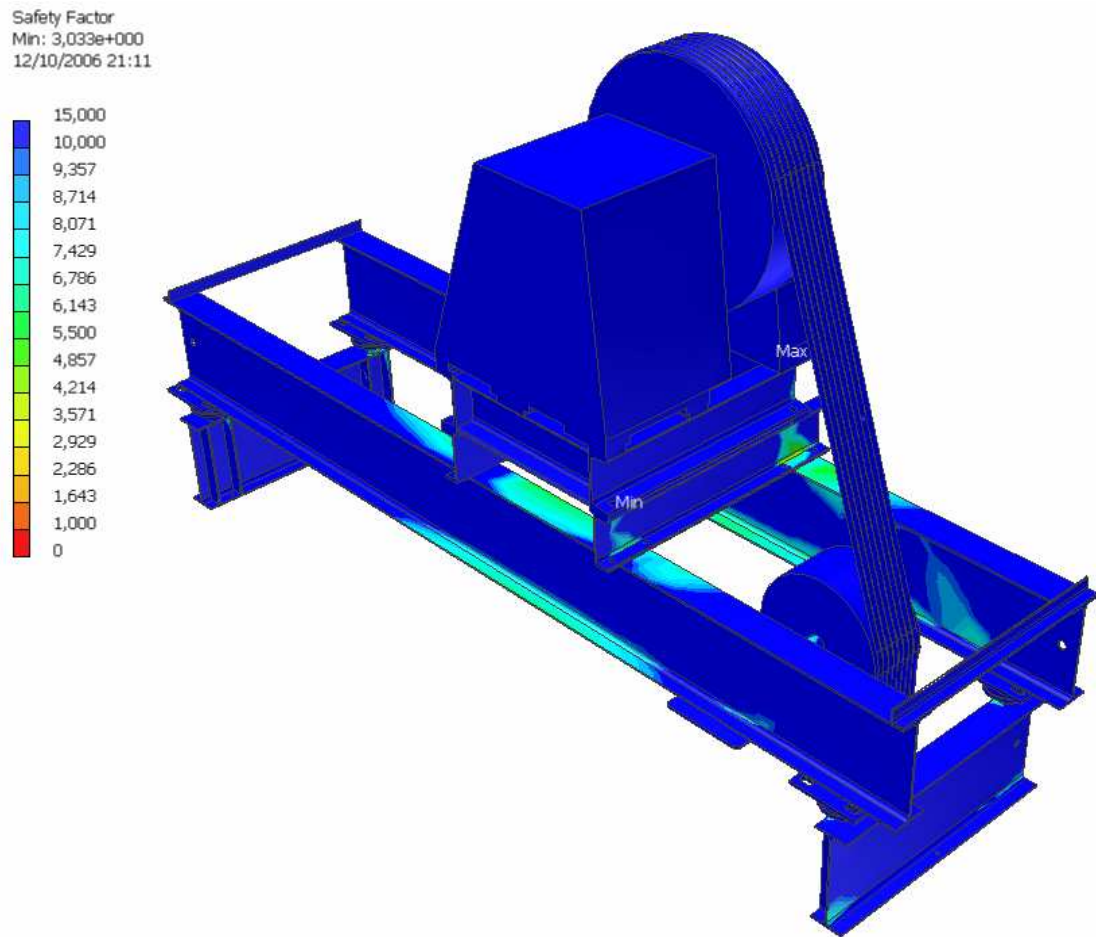
máquinas y se asume que no tiene grados de libertad en ningún eje. El material es acero estructural A-36 y todo el cuerpo es una sola parte. Se dibujan los cables de tracción y sobre las caras planas se aplica la carga del equipo ( $T_1$  Y  $T_2$ ).



**Ilustración 67 - FEA ensamble MK15 (3500Kg) – Simplificación**

En la Ilustración 68, se muestra el factor de seguridad obtenido.  $F_s=3.033$ .

Para más información ver el Anexo 11 – Cálculos FEA

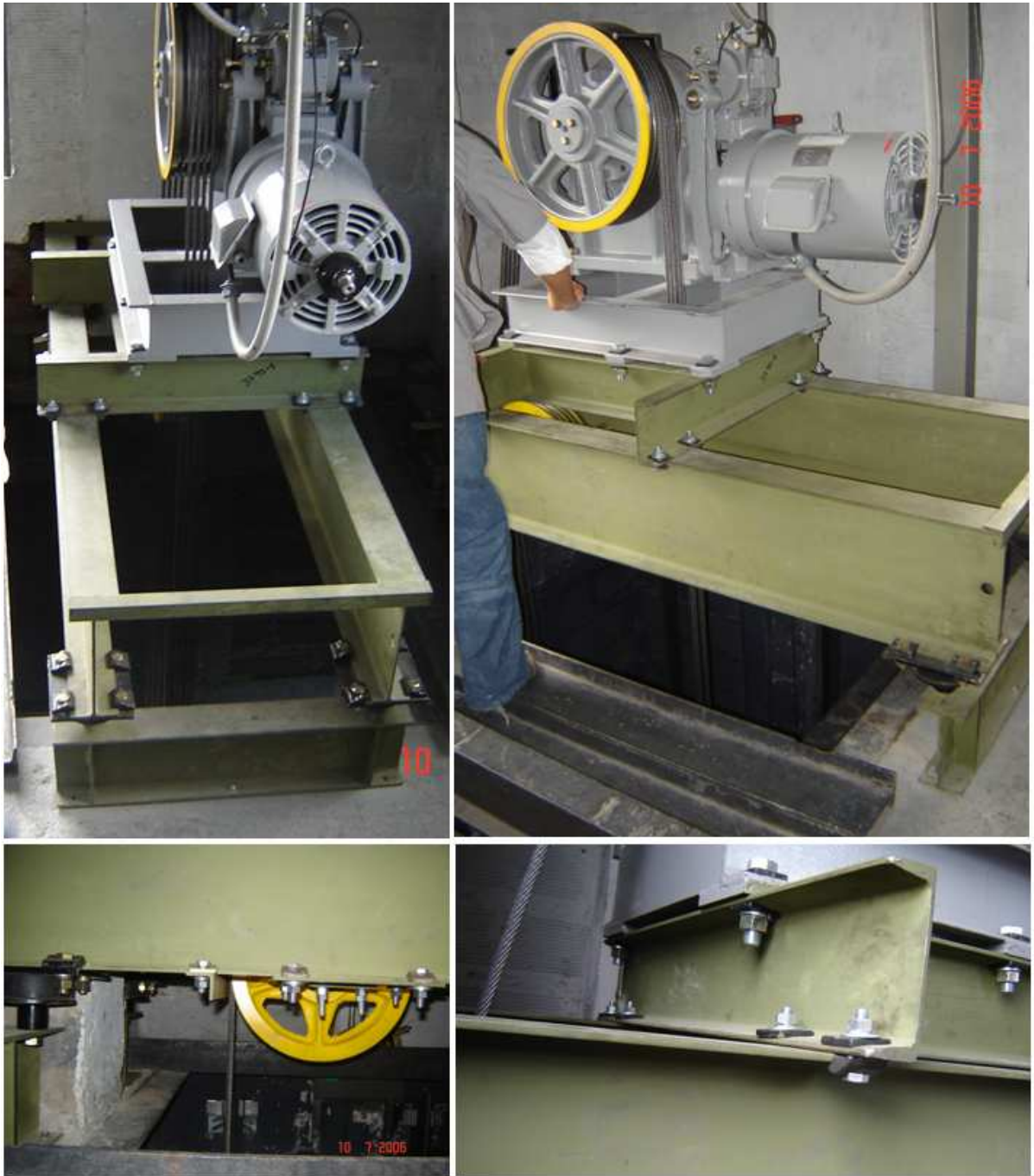


**Ilustración 68 - FEA ensamble MK15 (3500Kg) – Factor de Seguridad**

Otros cálculos realizados por elementos finitos fueron el de la viga de máquina y el de la viga de soporte. Para ver los resultados ver el Anexo 11 – Cálculos FEA.

Las siguientes fotografías corresponden a la bancada TORIN instalada en la torre de pruebas (ver Ilustración 69).

En el



**Ilustración 69 - Bancada TORIN instalada en la torre de pruebas de COSERVICIOS S.A.**

Las siguientes fotografías corresponden a partes de la bancada TORIN en la plante de producción de COSERVICIOS S.A. (ver la Ilustración 70).



Ilustración 70 - Partes en planta de producción de COSERVICIOS S.A. de la bancada TORIN

## 5.5.2 Evaluación técnica y económica

Es importante considerar que este trabajo es una propuesta de cambio para la empresa COSERVICIOS S.A., y como tal debe mostrarse con datos, cual es la propuesta de cambio y que beneficios puede traer. Recordar que el alcance de este trabajo hasta el diseño y fabricación de prototipo.

En la actualidad, la empresa entrega con cada elevador una bancada específica según la caída de cables, la velocidad y la capacidad de carga del equipo. Requiriendo de 23 modelos para poder atender esta variedad de productos. Esta cifra aumenta constantemente con cada nuevo diseño que se requiera.

En la Tabla 26, se detalla el costo de una bancada instalada, basados en el modelo TL6, elevador para seis (6) pasajeros.

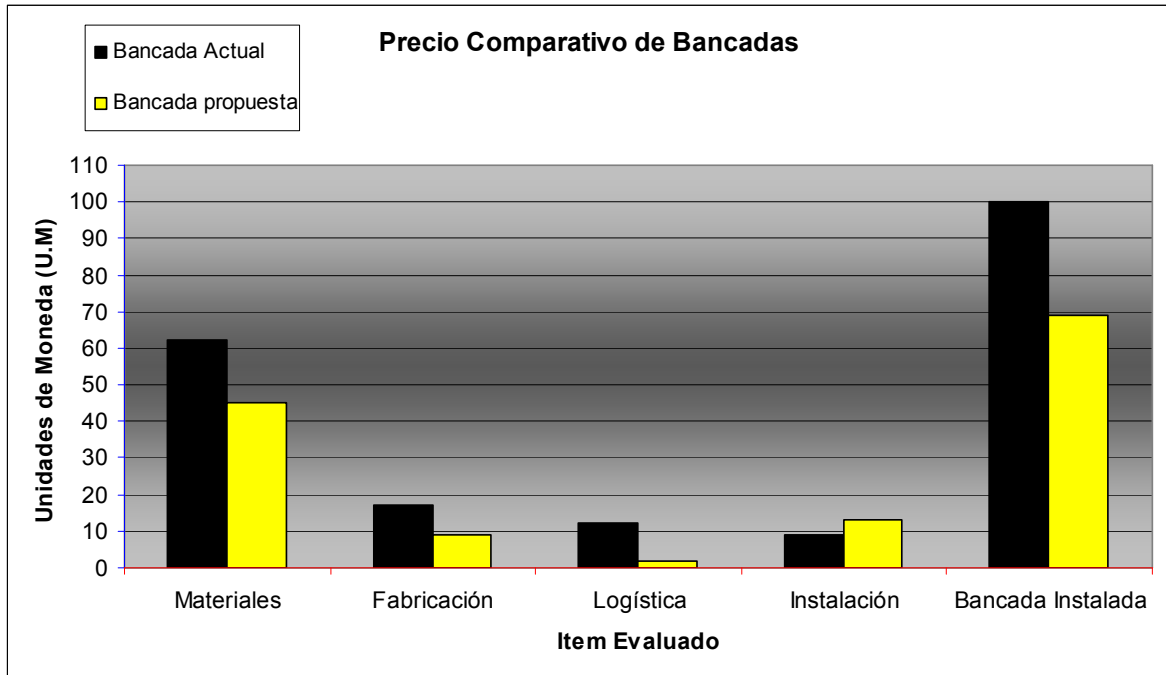
**Tabla 26 Precio comparativos según el tipo de bancada (unidades en UM) <sup>54</sup>**

Tipo de Bancada	Materiales	Fabricación	Logística	Instalación	Bancada Instalada
Bancada Actual	62	17	12	9	100
Bancada propuesta	45	9	2	13	69

---

<sup>54</sup> UM (unidades de moneda): En este trabajo se presentan las unidades de costo como un porcentaje del valor de una bancada instalada.

El ahorro en cada bancada instalada es de 31UM y en la Ilustración 71 está el gráfico comparativo entre bancadas correspondientes a los datos de la Tabla 26.



**Ilustración 71 Gráfico comparativo entre los tipos de Bancadas.**

Es importante anotar que en la Ilustración 71 no se está cuantificando el costo del tiempo de diseño en ingeniería, tiempo que se vera muy disminuido puesto que el diseño propuesto elimina la necesidad de diseñar una bancada para cada caída de cables que se requiera.

A continuación se comparan los valores de los ítems evaluados.

## MATERIALES

La bancada propuesta es doce (12) UM menos costosa. Lo anterior le permite a la compañía ofrecer nuestro producto con un costo ligeramente inferior a la condición actual, adicionalmente tiene como principales ventajas:

Reducción de modelos para todas las capacidades de pasajeros.

El trabajo en series de producción se hace más eficiente.

Se pueden reasignar componentes.

## FABRICACIÓN

En este aspecto la bancada propuesta tiene una diferencia a favor de 8UM con respecto al diseño anterior. Esto debido a la facilidad de manufactura y la reducción considerable en los procesos de corte, perforado y soldadura

## LOGÍSTICA

Es definitivamente en este aspecto donde la bancada propuesta tiene una diferencia significativa con el modelo anterior, ya que se reducen a 13 la variedad de vigas y se tiene una diferencia de 10 UM. a favor del nuevo modelo.

Esta situación responde a la modularidad y flexibilidad que ofrece el nuevo diseño.

## INSTALACIÓN

En este punto el cambio de modelo incrementa los costos en 4UM, debido a que este modelo exige de mayor detenimiento para realizar su instalación, ya que hay que ajustar las partes en la posición adecuada y luego aplicar soldadura. Se incrementan las funciones de composición y chequeo<sup>55</sup>

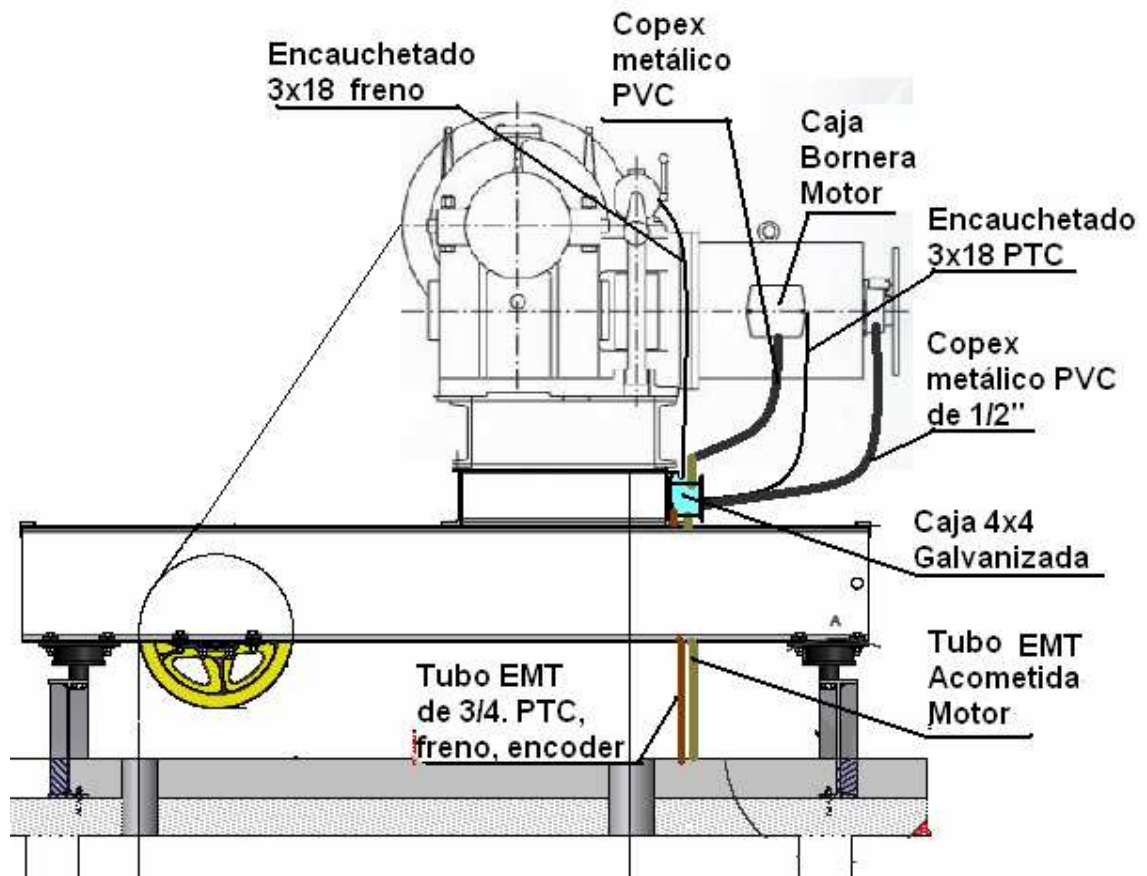
---

<sup>55</sup> Ver: ANDREASEN, M.M., Kähler, S., Lund, T., and Swift, K.G., Design for Assembly (2. ed.), London: IFS Publ., and Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 1988

### 5.5.3 Mejoras al diseño

Después de haber instalado el prototipo de la bancada TORIN en la torre de pruebas de COSERVICIOS S.A. se identificaron algunas mejoras posibles al diseño para ser analizadas e implementadas a futuro:

- 🔧 Las perforaciones de la viga de soporte en el diseño original son redondas. Se sugiere modificarlas por perforaciones oblongas para facilitar el montaje de la bancada. Esta situación se presenta porque, la viga se instala en una posición inicial, pero luego en el ajuste el técnico identifica que debe desplazar unos milímetros la estructura para poder ubicar la polea tractora centrada entre las guías de cabina (condición que se realiza para disminuir las vibraciones en los cables.)
- 🔧 Estandarizar más referencias de vigas de máquina para configuraciones especiales de cuartos de máquinas en donde no pueden quedar salientes desde los amortiguadores (dampers)
- 🔧 Evaluar la posibilidad de sujetar el limitador de velocidad de la bancada a través de una estructura desplazable.
- 🔧 Agregar una función a la bancada: sujetar los cables electrónicos y eléctricos necesarios para instalar la máquina de tracción. Debido a que la bancada se sube por el foso y que luego el espacio por donde subió la máquina se tapa con una losa de concreto, los cables se pueden instalar por la losa (dejando el espacio al vaciar) y luego subir (sujetándose de la bancada). Ver Ilustración 72.



**Ilustración 72 - Mejoras al diseño. Cableado de la máquina**

- ✚ Diseñar un juego de calzas para poder nivelar la bancada en cada punto de unión.

## 6. CONCLUSIONES

Se concluye con este trabajo que es posible fabricar las bancadas TORIN para instalar las nuevas máquinas de tracción utilizando pocas variables que definen su funcionalidad (fondo de foso y máquina).

La bancada TORIN es una bancada modular porque con pocos componentes se pueden armar las bancadas necesarias para la mayoría de los equipos y es estándar porque aplica para la gran mayoría de los ascensores a tracción con cuarto de máquinas sobre el hueco ofrecidos por la compañía, sin que ingeniería intervenga; ya que permite ajustar la caída de cables según el modelo.

Los modelos para los cuales aplica este diseño son todos los ascensores a tracción con cuarto de máquinas sobre el hueco que tenga menos de 1600Kg de capacidad de carga y con velocidad hasta 2m/s.

Las vigas se pueden cortar por terceros ya que en total son 13 longitudes, 5 cortes para vigas en I y 8 cortes para vigas en C. En la bancada X se tenían 168 modelos de vigas, lo cual simplifica los procesos de logística y producción.

Con el presente documento, el departamento de ingeniería de COSERVICIOS S.A. tiene un modelo base del proceso de diseño para un componente del ascensor. A partir de esta experiencia, se puede perfeccionar el método de diseño y establecer las herramientas de diseño que aplican para COSERVICIOS S.A.

COSERVICIOS S.A. ha invertido muchos recursos en el software para el diseño y desarrollo de productos. Este software tiene un potencial muy grande y permite

reducir tiempos de diseño utilizando las herramientas de análisis de esfuerzos (FEA) y parametrización de componentes.

Durante la fabricación del prototipo es el primer momento en el que el diseñador se retroalimenta y valida el diseño. Hay situaciones que no se tienen en cuenta durante el diseño por cuestiones prácticas, de tiempo o simplemente por omisión. Es importante encontrar un equilibrio entre lo teórico (conceptual, virtual e intangible) y lo práctico (lleno de situaciones que afectan el producto).

Cuando se incursiona en un nuevo proyecto dentro de una compañía como COSERVICIOS S.A., es importante identificar cuales elementos teóricos agregan valor al proceso. No siempre el producto diseñado tiene que ser el mejor de los mejores que se ha diseñado; el producto que la empresa necesita es el que satisface las necesidades identificadas. Muchas veces los métodos de diseño seguidos al pie de la letra, logran que se diseñe el mejor producto pero requieren el de muchos recursos. Por eso, es muy importante definir los límites del proyecto desde el principio y es preferible sacar un producto al mercado, que puede mejorarse en una segunda etapa, en el momento adecuado; que sacar el producto óptimo cuando ya no se necesita.

Al diseñar un nuevo producto es muy importante definir los límites del diseño y la necesidad real de los clientes. Por ejemplo, si la especificación es diseñar una nueva chapa para una puerta, no se debe cometer el error de diseñar un nuevo sistema para entrar y salir que puede ni necesitar una chapa. El negocio del cliente del ejemplo, era vender y producir chapas para puertas.

Cuando se necesite diseñar un nuevo producto, es necesario identificar el marco teórico que rige este nuevo diseño. El diseñador no debe estudiar y aprender todo el marco teórico, debe encontrar expertos que puedan asesorarlo en el desarrollo

del producto. Esta es una estrategia que ayuda a incrementar la “productividad del diseño”.

Quizás, una de las conclusiones más aterradoras de este trabajo y en general de la vida práctica es que ¡EL MUNDO NO ES PERFECTO!. Las superficies son irregulares, lo que no se debería mover se mueve y los cálculos son simplificaciones, más o menos aproximadas, de la realidad. Por eso cuando se diseñen componentes, en donde el control de las condiciones irregulares es complicado, se deben diseñar partes que permitan nivelar, ajustar, calibrar y en fin, poner a punto el sistema. Los niveles estrechos de tolerancia sólo deben ser usados en donde sea estrictamente necesario.

Cuando se diseñen componentes que necesitan del producto de otras ciencias, se debe hablar en el lenguaje dimensional y de tolerancias del que utilice unidades mayores, en las superficies comunes. Por ejemplo, el ascensor se mide en milímetros, décimas y centésimas, pero la obra civil en metros, centímetros y milímetros, por lo tanto si el diseño de las partes en conexión se concibe en metros, centímetros y milímetros, se podrán evitar problemas.

Los IDP tienen la capacidad de interactuar con los procesos básicos de una organización debido a su formación interdisciplinaria y la metodología de proyectos a través de la carrera. Un IDP, es una persona capaz de ayudar en la transformación de las organizaciones.

## 7. RECOMENDACIONES

Se recomienda a COSERVICIOS S.A. desarrollar herramientas vinculadas con el software CAD que le permitan incrementar su productividad. Entre ellas se mencionan:

- 🔧 Implementar un sistema claro y ordenado de manejo de archivos 3D utilizando herramientas como *VAULT* (módulo que viene con Autodesk Inventor).
- 🔧 Desarrollar una interfaz entre el ERP y el software CAD, utilizando herramientas como *PRODUCT STREAM* (adicional de Autodesk) de manera que se pueda simplificar los trámites administrativos respecto al control de costos y referencias; mejorando la información del sistema y evitando errores (porque se disminuye el número de personas en el proceso)

Se recomienda a COSERVICIOS S.A. desarrollar un documento en el que se consignen las herramientas, los métodos y los criterios de diseño de partes de ascensores.

Se recomienda a COSERVICIOS S.A. mantener el contacto con las universidades en el diseño y desarrollo de aplicaciones, metodologías y procedimientos que le permitan mantener y mejorar su productividad y competitividad.

Se recomienda a la Universidad EAFIT, seguir promoviendo los talleres de diseño y conformar grupos interdisciplinarios para solucionar problemas reales de la industria. Es importante que estos grupos, tengan un excelente coordinador y administrador y que se maneje como un proyecto. Se sugiere la metodología del *Project management institute* (PMI).

## BIBLIOGRAFÍA

- 📖 AENOR. Reglas de Seguridad para la Construcción e Instalación de Ascensores. EN 81-1:1998. Madrid 2001.
  
- 📖 ANDREASEN, M.M., Kähler, S., Lund, T., and Swift, K.G., Design for Assembly (2. ed.), London: IFS Publ., and Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 1988
  
- 📖 ANNETT, F.A., Ascensores, montacargas y escaleras mecánicas, Editorial hispano americana S.A., Buenos Aires, 1962.
  
- 📖 ARANGO C., Pablo. ESCOBAR E., Luis Miguel. Limitador de Velocidad Progresivo para Ascensores. Medellín, 1989. 112p. Tesis (Ingeniero Mecánico). Universidad EAFIT. Departamento de Ingeniería Mecánica
  
- 📖 ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Santa Fe de Bogota, D.C.: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Tomo 2. (NSR-98)

- ✚ BEARDS, C. E., Structural Vibration: Analysis and Damping, Halsted Press, New York, 1996.
  
- ✚ BEER, Ferdinand P. JOHNSTON Jr, E. Ruseell. DEWOLF, John T. Mecánica de Materiales. 3 ed. México: McGraw Hill Interamericana S.A., 2004
  
- ✚ COSERVICIOS S.A. ASCENSORES ANDINO. Guía de especificaciones técnicas. Coservicios. Medellín, 2003.
  
- ✚ CONRAN, Terence. Diseño. Barcelona, Blume, 1997
  
- ✚ CROSS, Nigel. Métodos de Diseño. Primera Edición. Limusa. México. 1999
  
- ✚ ESCOBAR, Esteban, Diseño de un contrapeso para elevadores a tracción de la empresa COSERVICIOS S.A., Medellín. 2006. Tesis de grado (ingeniero mecánico) UPB, Facultad Ingeniería Mecánica. .
  
- ✚ HARRYS, C & CHARLES, E. Shock and vibration handbook. Second edition. McGraw-Hill Book Company. United States, 1976.
  
- ✚ HILTI. Manual Técnico de Productos 5/00. Hilti América Latina

- ✚ HIRSCHER, Peter. Thyssen Aufzüge – Elevators: Technology, Planning, Operation. España: La Nouvelle Libraire, 1987. 80p.
  
- ✚ HUBKA, v. & W. E Eder, Principles of engineering design. Edition HEURISTA, 1987
  
- ✚ JANOVSKEÝ, Lubomir. Elevator Mechanical Design: Principles and Concepts. First Edition. Ellis Horwood Limited. Chichester 1987.
  
- ✚ MIRAVETE, A. LARRODÉ, E. El Libro del Transporte Vertical. Primera Edición. INO Reproducciones, S.A. Zaragoza 1996.
  
- ✚ Notas de clase “CLASE 20 - RODAMIENTOS – Cálculos y Ejemplos”, diseño de máquinas, UPB, 2005.
  
- ✚ NORTON, Robert L. Diseño de Máquinas. México. Prentice Hall, 1999
  
- ✚ PÉREZ, Hernán David. Aplicaciones de la Mecánica de Materiales. Medellín: Editorial UPB, 1997.
  
- ✚ PHAL, Gerard y BEITZ, Wolfgang,. Engineering design a systematic approach. The Design Council, United Kingdom,. 1988

✚ SALMON, Charles G., JOHNSON, John E. Steel Structures: Design and Behaviour, Emphasizing Load and Resistance Factor Design. 4 ed. New York: Harper Collins, 1996

✚ ULRICH, Kart T. y EPPINGER, Steven D. Diseño y desarrollo de productos, enfoque multidisciplinario. 3ª ed. México, McGraw-Hill interamericana, 2004.

✚ VDI Guideline 2221: Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products, Düsseldorf: VDI, 1987 (edited by K.M. Wallace)

✚ Recursos electrónicos:

- <http://www.COSERVICIOS S.A.com/>
- <http://science.howstuffworks.com/>
- <http://www.thyssenkrupp.com>
- <http://usinfo.state.gov>
- <http://www.eafit.edu.co>
- <http://www.scirus.com>
- <http://www.skf.com>
- <http://www.hilti.com>

- [http://www.wittur.com/IN/INtemplates/IN1PUB/default.asp?part=PRO  
DUCTS](http://www.wittur.com/IN/INtemplates/IN1PUB/default.asp?part=PRO<br/>DUCTS)
- [www.kone.com/static/ImageBank/GetFile\\_pdf/0,,fileID=98829,00.pdf](http://www.kone.com/static/ImageBank/GetFile_pdf/0,,fileID=98829,00.pdf)
- [http://traction.cn/English/products\\_1.htm](http://traction.cn/English/products_1.htm)
- <http://www.nbx.com>

## ANEXOS

Anexo 1 - Plano de instalación típico TL-AC-CWP

Anexo 2 - Cálculo de tracción

Anexo 3 - Cálculo de perfiles estructurales

Anexo 4 - A-MAQ \_ Revisión técnica de la operación dinámica elevadores Andino

Anexo 5 - Adaptado de: A-MAQ S.A., Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico. Enero 2005.

Anexo 6 - MIRAVETE, A. Elementos de amortiguación y aislamiento de ruido

Anexo 7 - Vibration of a resilient supported rigid body - Forced vibration

Anexo 8 - Introduccion a vibraciones en estructuras

Anexo 9 - Anclaje de expansión Kwik Bolt II

Anexo 10 - Clase 20 - Rodamientos – Cálculos y Ejemplos

Anexo 11 – Cálculos FEA

Anexo 12 - Plano de ensamble bancada TORIN

## Anexo 1 - Plano de instalación típico TL-AC-CWP

## Anexo 2 - Cálculo de tracción

## Anexo 3 - Cálculo de perfiles estructurales

Anexo 4 - A-MAQ \_ Revisión técnica de la operación dinámica elevadores Andino

Anexo 5 - Adaptado de: A-MAQ S.A., Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico. Enero 2005.

Publicado en Internet en <http://www.a-maq.com/tutoriales.html> [consulta 10-Agosto-2006].


Anexo 6 - MIRAVETE, A. Elementos de amortiguación y aislamiento de ruido<sup>56</sup>

---

<sup>56</sup> MIRAVETE, A. LARRODÉ, E. El Libro del Transporte Vertical. INO Reproducciones, S.A. Zaragoza 1996. p. 149-154

## Anexo 7 - Vibration of a resilient supported rigid body - Forced vibration<sup>57</sup>

---

 <sup>57</sup> Tomado de: HARRY S, C & CHARLES, E. Shock and vibration handbook. Second edition. McGraw-Hill Book Company. United states, 1976. p. 3\_29 – 3-42.

## Anexo 8 - Introduccion a vibraciones en estructuras<sup>58</sup>

---

<sup>58</sup> BEARDS, C. E., Structural Vibration: Analysis and Damping, Halsted Press, New York, 1996. p. 1-9

## Anexo 9 - Anclaje de expansión Kwik Bolt II

Anexo 10 - Clase 20 - Rodamientos – Cálculos y Ejemplos

## Anexo 11 – Cálculos FEA

Realizados con Autodesk Inventor Professional V.11 (ANSYS)

Anexo 12 - Plano de ensamble bancada TORIN