

PFC:

Accionamientos Hidráulicos en Ascensores



Blanca Montejo Gil

Ingeniería Técnica Industrial,
Especialidad Mecánica

Tutora: Paula Canalís

Fecha: JUNIO 2012

Índice

1. Elevadores verticales.....	2
1.1. Evolución	2
1.2. Tipos de accionamiento	15
1.3. Comparación de las distintas opciones	37
2. Objetivo	39
3. Cálculo de un accionamiento hidráulico.....	40
4. Modelización en Solid	46
5. Simulación del Movimiento.....	50
6. Cálculo estático: Hipótesis hidráulica	52
6.1. Procedimiento de cálculo con SolidWorks.	52
6.2. Simulación de la cabina.	59
6.3. Simulación de las guías.	67
7. Conclusión	72
8. Bibliografía	72

1. Elevadores verticales

1.1. Evolución

La Antigüedad

Los primeros dispositivos de elevación y transporte fueron las palancas, las poleas, los rodillos y los planos inclinados.

Hacia 2820 a.C. se obtienen en China fibras resistentes a partir de la planta del cáñamo. Los artesanos trenzan con este material las primeras cuerdas.

En las épocas primitivas, se utilizaban lianas para atar. Hasta la fabricación de las cuerdas de cáñamo se solían utilizar tiras y cuerdas de cuero, en Egipto también fibras de papiro, para esos fines. Las nuevas cuerdas chinas demostraron ser muy resistentes, tanto a la tracción como a las inclemencias del tiempo.

Los elevadores de palanca, prototipos primitivos de nuestros aparatos elevadores actuales se utilizaban en China e India para elevar el agua en el siglo XXII a.C.

Hacia 1550 a.C. se generaliza en Egipto y Mesopotamia el empleo del shadoof, un mecanismo de palanca utilizado para elevar el agua procedente de los ríos con el fin de regar los campos. Desde el punto de vista mecánico, el shadoof se basa en la ley de la palanca. La mecánica aplicada en las culturas que viven junto al Éufrates y el Nilo está dominada por cuatro elementos fundamentales: el plano inclinado, la cuña, el rodillo y la palanca. El shadoof es una forma más compleja de una construcción basada en la palanca. Sobre una columna fija, se monta una palanca de dos brazos alrededor de un eje que puede girar en dirección horizontal.

El periodo Greco-romano

El periodo grecorromano (siglo X a.C. a siglo V d.C.) constituye una etapa de gran impulso en la evolución de la tecnología de la elevación. Un elemento clave para la elevación es la polea compuesta. Su origen se remonta a la Grecia clásica.

Tres inventores griegos deben ser mencionados en la historia de la elevación: Ctesibio, padre de la hidráulica; Arquímedes, descubridor del tornillo sin fin y las leyes de la palanca; y Herón de Alejandría, inventor de la polea compuesta.

En la antigua Roma el ascensor ya era conocido. Se dispone de una descripción detallada del ascensor instalado en el Palacio de Nerón. Según la documentación hallada, la cabina estaba construida con madera de sándalo oloroso, estaba suspendida de un cable de cáñamo y guiada por cuatro carriles de madera dura.

Más tarde en la época del emperador de Tito, en el año 80 d.C. en el Coliseo romano utilizaron también doce grandes montacargas para elevar a los gladiadores. Tras la caída del Imperio Romano, los ascensores desaparecieron durante un largo periodo.

La Edad Media

De este periodo (siglo V d.C. a XVII d.C.) se conocen instalaciones de elevación que apenas se diferencian de las antiguas. El desarrollo del comercio, la navegación y la industria en los siglos XI y XII contribuyó a perfeccionar las máquinas de elevación y a ampliar los sectores de aplicación. La catedral de Sofía en Novgorod (Rusia) en el siglo XI puede citarse como ejemplo de aplicación de sistemas de aparejos complejos.

Una ingeniosa técnica de elevación es la representada en la Figura 1, que data del siglo XVIII, en la que se aprecian las guías del “contrapeso”.

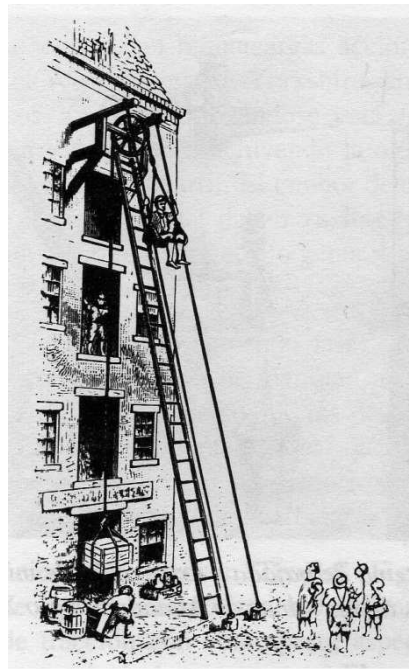


Figura 1: Tipo de transporte vertical rudimentario (comienzos del siglo XVIII)

En lo que se refiere a nuestro país, cabe mencionar el Catálogo del Real Gabinete de Máquinas publicado en 1794 por Juan López de Peñalver. En este catalogo aparecen varios planos de máquinas de elevación existentes en aquella época. Es de interés remarcar las mejoras mecánicas implantadas en las minas de Almadén en el sistema de bajada y extracción de mineral y material en los pozos de las citadas minas.

En el citado documento se exponen también problemas siempre presentes en la historia de la elevación como es el peso de los cables y cadenas y formas de optimizar la disposición de ambos con objeto de reducir el peso de los mismos.

También aparece un interesante documento donde se plantea la utilización de los cables metálicos con técnicas no muy idóneas ya que se advierte que los ingenieros franceses utilizaban únicamente cables de tres cordones mientras que los británicos utilizaban nueve consiguiendo secciones más

redondeadas y por lo tanto con mayor duración al ser su paso por las poleas mucho mas tolerable.

El vapor como sistema de tracción

Solo cuando James Watt inventó la máquina de vapor comenzó a considerarse la posibilidad de utilizar esta forma de energía en los dispositivos de elevación, haciéndose uso de ella por primera vez para subir el mineral desde el fondo de una mina de carbón hacia el año 1800.

A principios del siglo XIX, hicieron su aparición grúas movidas por máquinas de vapor que se usaban básicamente para el transporte vertical de carga, sólo ocasionalmente de personas.

Merece la pena mencionar el ascensor "Teagle" desarrollado en Inglaterra en 1845. Este elevador accionado hidráulicamente contemplaba ya el concepto de la polea de tracción con contrapeso, aspecto que se aplica hoy en nuestros días a la gran mayoría de los ascensores. El accionamiento era llevado a cabo por los propios usuarios que desplazaban el cable manualmente desde la cabina.

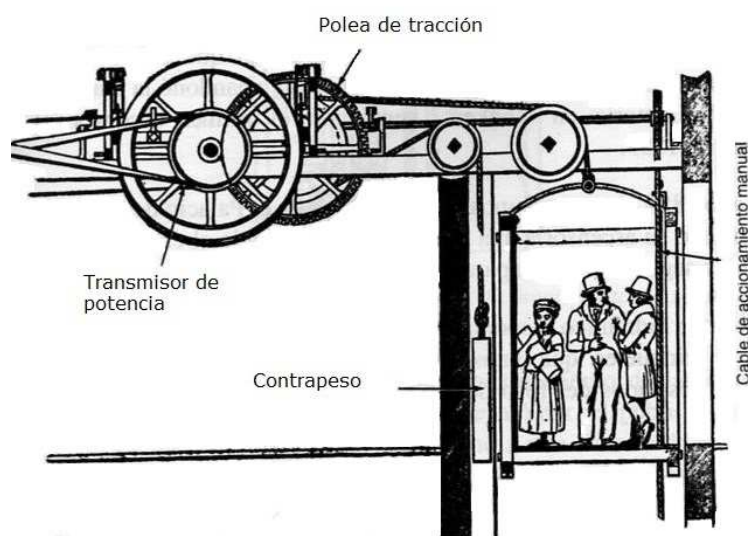


Figura 2: Ascensor
"Teagle" (Inglaterra, 1845)

Los resultados eran con frecuencia desastrosos porque los cables eran de cáñamo y no había medio de detener la plataforma en caso de rotura del cable.

En 1845 Sir William Thompson diseñó el primer ascensor hidráulico para elevar cargas.

En 1850, se utilizan por primera vez en Estados Unidos montacargas movidos por vapor, instalándose en ese mismo año el primer sistema de corona y tornillo sinfín para mover un gran tambor de arrollamiento. Sin embargo los industriales y el público en general seguían esperando el ascensor de aplicación universal, válido para el transporte de personas y sin problemas de seguridad.

Durante la primera mitad del siglo XIX, era frecuente ver plataformas guiadas que se desplazaban verticalmente, pero les faltaba el componente de seguridad que implantó Elisha Graves Otis.

La seguridad: Elisha Graves Otis

Elisha Graves Otis nació en 1811 en Vermont (Estados Unidos). Trabajando como mecánico especialista en una empresa de camas, en 1852 fue enviado a Yonkers. Allí diseñó e instaló lo que él llamó el ascensor seguro, el primer elevador con un dispositivo automático de seguridad que evitaba la caída del elevador cuando el cable se rompía. Al año siguiente abandonó la empresa y fundó una pequeña factoría en Yonkers, vendiendo el primer ascensor el 20 de Septiembre de 1853.

Su ascensor hidráulico disponía de un sistema de seguridad consistente en una cabina con trinquetes que unos resortes obligaban a engranar con muescas dispuestas a los lados del foso del ascensor en el momento que rompía el cable.

El 23 de Marzo de 1857 Elisha G. Otis instaló el primer ascensor para personas en los Grandes Almacenes E.V. Haughwout & Co. en la ciudad de Nueva York. Era movido por una máquina de vapor, el edificio tenía cinco plantas e iba dotado con un equipo de elevación apto para 450kg a 0.20m/seg.

En 1867 el francés Leon Edoux presentó en la Exposición Universal de París, dos aparatos elevadores que utilizaban la presión del agua, para elevar una cabina montada en el extremo de un pistón hidráulico.

El ascensor Edoux tuvo una gran difusión por todo el mundo, sobre todo cuando se multiplicaron sus posibilidades de velocidad y recorrido, con un perfeccionamiento del sistema que se denominó de acción indirecta, en el que el émbolo no impulsaba la cabina directamente, sino un juego de poleas, o una cremallera y un tambor, que enrollaba y desenrollaba uno o varios cables de los que se suspendía la cabina.

Un año más tarde se completa la construcción de la primera fábrica de ascensores, en Nueva York, y se desarrolla un ascensor a vapor con tantos dispositivos de seguridad que los arquitectos y constructores comienzan a considerar posible la realización de altos edificios.

Se construye entonces el inmueble comercial más alto de la época: el edificio Monadnock, de Chicago, con 16 plantas. La altura de las edificaciones estaba limitada, hasta entonces, por el peso que las paredes de ladrillo podían soportar.

Simultáneamente, Europa inicia su andadura en la industria de la elevación vertical fundándose en 1874 la empresa Schindler, construyéndose el primer ascensor en 1876 para la Oficina de Correos de Londres.

El ascensor hidráulico

El ascensor hidráulico se utiliza por primera vez en 1878, utilizando agua en lugar de vapor, para simplificar las instalaciones y conseguir mayores velocidades y recorridos.

Así, evoluciono hacia un ascensor hidráulico compuesto por un cilindro que accionaba directamente la plataforma. Por aquel tiempo, la arquitectura pedía a gritos nuevas soluciones para ocupar de forma eficiente el reducido espacio de los centros de las grandes ciudades. El ascensor hidráulico fue la clave para concebir edificios elevados donde el acceso a los pisos superiores era simple y cómodo. Este tipo de ascensores permitió desde 1870 hasta 1880, que las grandes ciudades comenzaran a crecer hasta un tamaño como el que tenemos hoy en nuestros días.

El siguiente paso fue la implantación de un ascensor hidráulico compuesto por un cilindro que accionaba un sistema de poleas. Este sistema permitía velocidades hasta 3.5 m/s y una altura de unos 30 pisos. El emplazamiento de cilindro y polea se realizaba en posición vertical para los pisos más elevados y se disponían sistemas de poleas múltiples. Desde 1880 a 1900 estos ascensores se utilizaban en edificios de hasta 10 a 12 pisos, ya que el rascacielos de 30 pisos no llegó hasta principios de siglo XX.

Los ascensores hidráulicos tenían un funcionamiento silencioso y bastante seguro, con arranques y paradas suaves, y una precisión de parada relativamente alta. Sin embargo, pesaban en su contra su complicado y voluminoso equipo de bombeo, que utilizaba presiones de agua hasta de 7MPa, su elevado coste de instalación y el gran consumo de agua que necesitaban, cuyo precio empezó a resultar prohibitivo para esta aplicación.

Así, a finales del siglo XIX, le hicieron perder rápidamente la popularidad a favor del ascensor eléctrico que, en pocos años, sustituyó al parecer definitivamente al ascensor hidráulico en los edificios de viviendas, aunque como veremos se vuelve a utilizar hoy en día en una versión modernizada.

Fue evidente en esta primera etapa del ascensor para personas que Estados Unidos tomó la delantera a Europa. Hasta tal punto fue así que en la Exposición Universal de París en 1889, se presentó la Torre Eiffel con ascensores americanos de la Otis Elevator Company a pesar de haber prohibido los directores de la Exposición el empleo de materiales extranjeros en la construcción de la torre, ya que Gustave Eiffel no encontró ningún constructor francés fiable que se hiciera cargo del diseño de la construcción de los ascensores que habían de funcionar en el interior de las patas curvadas de la torre.



Figura 3: Torre Eiffel equipada con tres ascensores en tres tramos (1889)

Estos ascensores llevaban a los visitantes desde el nivel del suelo hasta la segunda plataforma situada a unos 115 metros, los otros dos ascensores que subían en las etapas segunda y tercera hasta la cúspide eran de fabricación francesa.

La tracción eléctrica

El primer ascensor eléctrico hizo su aparición en 1889 en el Demarest Building en Nueva York. Fue una modificación directa del primitivo ascensor con tambor accionado a vapor pero sustituyendo esta fuente de energía por la eléctrica mediante un motor de corriente continua.

El ascensor eléctrico tuvo desde sus comienzos un gran éxito, por su menor coste de instalación y funcionamiento pero tenía el inconveniente de la poca precisión de sus paradas. Este defecto fue corregido totalmente con la instalación de los grupos de regulación de velocidad Ward Leonard, que todavía se utilizan en la actualidad como veremos adelante.

Los ascensores cambiaron drásticamente a principios del siglo XX. Conforme la electricidad se iba extendiendo por todo el mundo, el ascensor hidráulico iba desapareciendo dando paso al ascensor eléctrico con polea de tracción.

El ascensor eléctrico con polea de tracción se desarrolló con una impresionante rapidez, quedando como aplicaciones estelares el Singer Building (185 m), el Metropolitan Life Tower (212 m) y el Woolworth Building (236 m) todos ellos construidos en Nueva York en 1912.

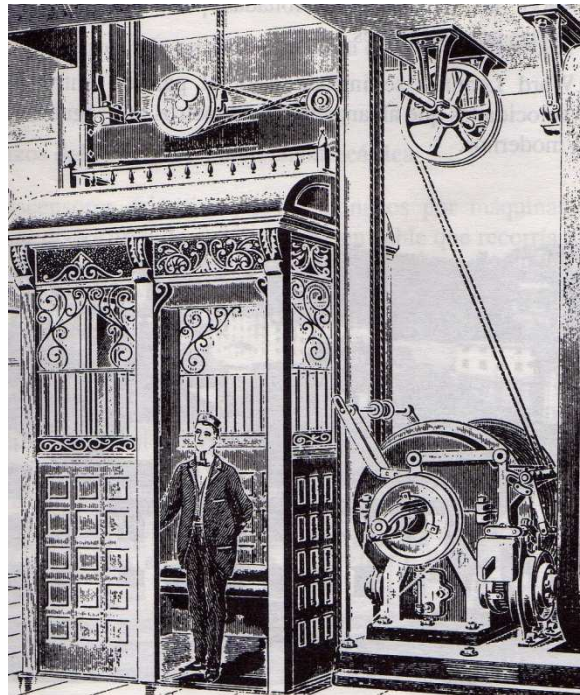


Figura 4: Ascensor eléctrico con poleas de tracción.

Los comienzos del siglo XX: La electromecánica

En los ascensores primitivos, los accionamientos por máquinas de vapor o los hidráulicos, el dispositivo de operación era un cable que recorría todo el hueco del ascensor y que hacía actuar a una válvula dispuesta en el fondo del hueco. Para subir, se tiraba del cable hacia abajo para introducir vapor o agua en el circuito y hacer elevar la plataforma. Para bajar, se tiraba del cable hacia arriba para expulsar vapor o agua en el circuito y hacer bajar la plataforma. Este sistema consistente en tirar del cable en sentido contrario al del movimiento.

Con la introducción del ascensor eléctrico, el paso natural era colocar un interruptor en la cabina que hiciera accionar el ascensor en ambos sentidos y lo hiciera detener cuando el ascensor estaba ya en el piso deseado.

Progresivamente se fueron introduciendo dispositivos de seguridad como el sistema de cierre de puertas.

El accionamiento mediante interruptor en cabina se utilizó en edificios de oficinas desde principios de 1880 a principios de 1920. En paralelo, se ponía en marcha en edificios residenciales en Estados Unidos. Dado que el tráfico era muy bajo, no se justificaba la presencia de un operador a tiempo completo y por lo tanto se requería un sistema automático. Este consistía en un sistema similar al que tenemos hoy día, es decir, una serie de botones en cabina y en cada piso, de forma que el ascensor es gobernado con prioridad desde cabina y desde los pisos.

Conforme aumentaba la altura de los edificios, la velocidad de los ascensores aumentaba se hizo necesario un sistema eficiente de operación para detener la cabina con precisión introduciéndose a principios de 1920 el denominado control de señal. Este sistema requiere de un operador que mediante pulsación de un botón, el sistema del ascensor registra la orden y el sistema determina automáticamente aceleraciones, respuestas a llamadas desde otros pisos, deceleraciones y ajustes exactos al nivel del piso.

Analizando la historia de la elevación vertical se observa que se desarrollan en paralelo dos tecnologías. Por un lado la de Control de Señal que requiere de un operador y está indicada para edificios grandes y con gran tráfico y la de Sistemas Operativos Colectivos, que no requiere operador pero que se utilizaba en edificios residenciales y en general de poco tráfico. En 1949, se introduce en un edificio de oficinas de Texas el ascensor completamente automático sin operador y que respondía a demandas muy exigentes de tráfico. Su responsable técnico fue el Ingeniero Jefe de Desarrollos de la Otis Elevator Company, William Bruns. Mediante circuitos electrónicos y automáticos era posible programar maniobras eficientes desde el punto de vista de tráfico vertical.

A principios de la década de los sesenta se desarrolla y fabrica un nuevo accionamiento Ward-Leonard con regulación de transistores de Germanio para ascensores rápidos.

Los setenta: los circuitos integrados

En la década de los setenta se desarrolla el primer sistema de control con microprocesador integrado, para grupos de ascensores, iniciando con ello la gestación de un nuevo sistema, que basado en la electrónica y los sofisticados controles espaciales, alcanza un grado de eficiencia, rendimiento y disponibilidad jamás alcanzado.

La pesada y cara electromecánica era sustituida por el circuito integrado. Sus principales ventajas, el reducido tamaño y su menor coste energético. Por el contrario, existía una importante barrera psicológica, que iba a ser vencida a lo largo de la década.

Los ochenta: el microprocesador

Los circuitos de maniobra fueron progresivamente evolucionando desde los relés o la electrónica (lógica cableada) hasta un minúsculo computador que ejecutaba un programa de ordenador donde se establecía en un lenguaje informático la maniobra a realizar.

A la disminución del tamaño y del consumo se unía la notable ventaja de la flexibilidad y capacidad funcional que un programa de ordenador podía ejercer.

A mitad de la década de los ochenta, se introduce el Remote Elevator Monitoring, consistente en un telesistema para la verificación del funcionamiento de diversos componentes del ascensor a distancia. Optativamente el sistema permite la comunicación oral de una persona en cabina (atrapada accidentalmente) con un centro de servicio.



Figura 5: Seattle Space Needle

En la actualidad, se han conseguido grandes logros en la tecnología del ascensor. No obstante aún quedan una serie de prestaciones que exigir en una instalación moderna, tales como:

- mayores velocidades de marcha (hasta 8 -10 m/s);
- mejor confort de funcionamiento, es decir viajes suaves y sin sacudidas;
- nivelaciones más exactas e independientes de la carga;
- disminución de los tiempos de espera en planta, con el desarrollo de maniobras flexibles que optimicen el tráfico;
- máxima seguridad de uso y funcionamiento;
- máxima fiabilidad de respuesta en las demandas de servicio.

1.2. Tipos de accionamiento

1.2.1. Hidráulico

Funcionamiento General

El ascensor hidráulico se caracteriza por llevar un pistón que por dentro tiene aceite, y mediante el cual es propulsado para poder desplazarse. La función que tiene la máquina hidráulica es la de aumentar o disminuir la presión del pistón.

El accionamiento se logra por medio de un motor eléctrico acoplado a una bomba, que impulsa aceite a presión por unas válvulas de maniobra y seguridad, desde un depósito a un cilindro, cuyo pistón sostiene y empuja a la cabina, para ascender. En el descenso se deja vaciar el pistón del aceite mediante una válvula con gran pérdida de carga para que se haga suavemente.

Partes

Las dos partes fundamentales del ascensor hidráulico: la central hidráulica y el pistón hidráulico, partes que pasaremos a ver a continuación.

CENTRAL HIDRÁULICA:

La central hidráulica tiene como objeto generar la presión adecuada en el aceite hidráulico para elevar el pistón del cilindro.

Formada por un motor eléctrico que acciona una bomba, la cual impulsa aceite a presión a través de las válvulas de maniobra y seguridad, por una tubería a un cilindro, cuyo pistón sostiene y empuja la cabina.

La central hidráulica, realiza las funciones del grupo tractor de los ascensores eléctricos, y el cilindro transmite la potencia del motor en la denominada potencia de elevación que define la velocidad vertical a la que se eleva la carga.

Los ascensores oleodinámicos o hidráulicos están siendo incorporados de forma creciente. Sus más recientes innovaciones se centran en el bloque de válvulas.

El aceite utilizado como fluido transmisor de la energía funciona en circuito cerrado, se completa la instalación con un depósito de aceite. Por tanto, puede considerarse formada la central hidráulica en conjunto por cuatro elementos principales:

- El motor
- La bomba
- El bloque de válvulas
- El depósito de aceite

MOTOR

Los motores son asíncronos con arranque en cortocircuito para pequeñas potencias, pero los motores grandes de potencia superior a unos 15CV deberán estar equipados por lo menos con arrancadores estrella-triángulo de funcionamiento automático.

En principio los ascensores de viviendas de bajas prestaciones no requerirán este tipo de arrancador ya que suelen requerir potencias



Central hidráulica



Grupo de válvulas



Conducciones (rígida, flexible)

Figura 6

bajas, siendo suficiente el arranque en cortocircuito. Para los montacargas y montacoches, donde la carga útil suele ser elevada, se requerirá el arrancador estrella-triángulo.

BOMBA

Las bombas utilizadas en los grupos impulsores de los ascensores hidráulicos, son de engranajes de pistones rotativos o de husillos múltiples. Las más silenciosas, y por eso las más empleadas son las bombas de husillos.

Por lo general, los grupos impulsores están formados por el motor eléctrico y la bomba acoplados directamente, y a veces formando un solo cuerpo. La bomba va casi siempre sumergida en el depósito del aceite, y el motor con su eje vertical sobre la tapa del depósito. Así evitamos el calentamiento excesivo del motor por la frecuencia de los arranques en una posible fuga de aceite.

BLOQUE DE VÁLVULAS

El bloque de válvulas, que generalmente va instalado sobre el depósito de aceite del grupo impulsor, está formado por las válvulas de maniobra del circuito hidráulico del ascensor. Algunas son de accionamiento electromagnético abriéndose o cerrándose, comandadas por la maniobra eléctrica del ascensor.

Recientemente se están incorporando sistemas electrónicos basados en un microprocesador en el que se memorizan las aceleraciones y deceleraciones a aplicar en función de la carga del ascensor y de la temperatura de la instalación. Sus ventajas son:

- Mayor confort.
- El tiempo de recorrido es constante e independiente del tráfico vertical.

- El recorrido es constante durante la nivelación.
- En casos standard, se pueden conseguir hasta 60 arranques/hora sin necesidad de recurrir al refrigerador.
- La velocidad nominal puede alcanzar 1m/s.

Se están optimizando también los cierres de las válvulas, consiguiendo mejoras substanciales en el nivel de ruido: de 6 a 9 decibelios. Por medio de esta innovación, se puede eliminar el volante de inercia ya que la norma EN 81-2 suprime el stop de la cabina, consiguiendo un ahorro energético del orden del 8%.

Finalmente se están implementando nuevos sistemas con la válvula de cierre para efectuar la parada del ascensor duplicada. Este doble cierre, ya reglamentado en otros países, como Australia, aumenta el nivel de seguridad y dota a cada operación con un doble control.

DEPÓSITO DE ACEITE

La Norma EN 81, dice respecto al depósito de aceite que deberá ser de capacidad suficiente para permitir el funcionamiento del ascensor en circuito cerrado. El depósito suele ser de chapa de acero con un tapón de carga en su tapa y otro para descarga en la parte inferior de un costado. Conviene, además, equipar el depósito con un nivel de cristal o una varilla como la que llevan los motores de los automóviles, para comprobar si hay aceite suficiente.

PISTÓN HIDRÁULICO

El cilindro y su pistón constituyen el accionamiento mecánico del ascensor hidráulico.

El cilindro es un tubo de acero, que se instala siempre verticalmente, cuyo extremo inferior está cerrado y abierto el superior. Se compone se los siguientes elementos:

- Una cabeza soldada en su extremo superior a la que se fija el anillo sellador con sus guarniciones que constituyen la estopada, y que ajusta con el pistón que se mueve deslizándose por el interior del cilindro.
- Un racord al que se rosca el manguito de acoplamiento de la tubería de aceite.
- Un anclaje para fijar el cilindro sobre el foso.
- Una bandeja para recoger el aceite que arrastra el pistón al subir. La cantidad de aceite recogido en un depósito correctamente diseñado permite conocer el estado de la estopada.



Figura 7

Si el cilindro es muy largo, se acostumbra a fabricarlo en dos o más secciones que se roscan entre sí al montarse en obra. El pistón está constituido por un tubo de acero estirado en frío, perfectamente mecanizado, rectificado, pulido y bruñido a 2 micras. Lleva un aro roscado en su extremo inferior para evitar su eventual salida del cilindro. Este aro puede actuar como un fin de carrera amortiguador si se dispone un alojamiento en el extremo superior del cilindro, en el que pueda encajar el aro del émbolo, amortiguando su recorrido final el mismo aceite comprimido por el aro en el citado alojamiento.

Tipos

SEGÚN EL TIPO DE IMPULSIÓN:

-Hidráulico de impulsión directa (suspensión 1:1)

El pistón se acopla directamente a la cabina, y puede ir en un lateral o bajo cabina. Salvo en el caso de ascensores de **poco recorrido** (hasta 4 metros), **se necesita** construir **un pozo** debajo del nivel de foso para el alojamiento del cilindro/pistón. Se utiliza principalmente para ascensores de poco recorrido.

Directo Central Enterrado



Figura 8

- Hidráulico de impulsión diferencial o indirecta (suspensión 2:1)

El pistón se ubica en un lateral del hueco y **no** necesita la construcción de un **foso** para alojar el pistón. Para una longitud determinada del pistón, el recorrido puede ser el doble de esa longitud, lo que aumenta el campo de aplicación. Es recomendable si se instala para varias paradas de pisos.

Se utiliza para **recorridos superiores a 4 m.**



Figura 9

Cilindro telescópico

Se utilizan cuando se necesita conseguir una gran carrera y se dispone de poco espacio

(Volquetes de camiones, ascensores). El elemento de tracción es un pistón que se mueve por medio de presión de aceite. Una bomba especial imprime presión al sistema hidráulico para que el pistón eleve a la cabina. El descenso se realiza por depresión.

Hay disponibles en versiones de simple y doble efecto.

- En los cilindros de simple efecto telescópicos, el cilindro sale cuando se le aplica presión y el retroceso normalmente es por fuerza externa.
- En los cilindros de doble efecto telescópicos tanto el avance como el retroceso es mediante aire.

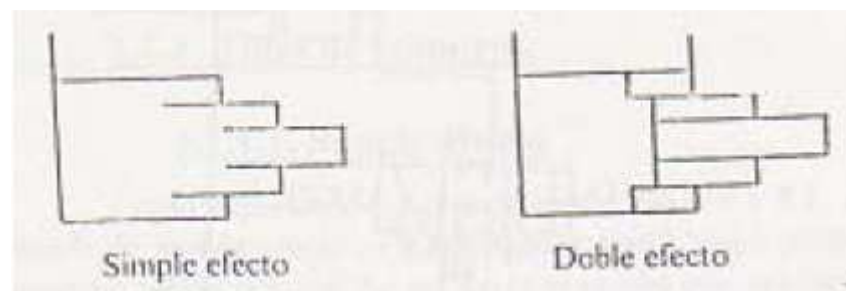


Figura 10

Los buzos se extienden en una secuencia establecida por el área, sale primero el mayor y en forma subsiguiente los de menor diámetro.

La figura adjunta muestra un cilindro actuador del tipo de émbolos telescópicos. Una serie de émbolos se anidan en el conjunto telescópico. Con la excepción del émbolo más pequeño, cada émbolo es hueco y sirve de camisa de cilindro para el émbolo más pequeño siguiente. El conjunto telescópico se contiene en el montaje principal del cilindro, que también proporciona los puertos fluidos. Aunque el conjunto requiera un pequeño espacio con todos los émbolos contraídos, la acción telescópica del conjunto proporciona un movimiento relativamente largo cuando los émbolos son extendidos. Un ejemplo excelente del uso de este cilindro está en volquetes de camiones, aunque también se utiliza en ascensores. Durante el ciclo de elevación, el líquido a presión entra al cilindro a través del puerto A (ver figura) y actúa en la base de los tres émbolos. El émbolo 1 tiene una superficie más grande y, por tanto, proporciona la mayor fuerza para la carga inicial, a medida que el émbolo 1 alcanza el extremo de su movimiento se disminuye la fuerza requerida. El émbolo 2 se mueve, proporcionando una fuerza más pequeña necesaria para continuar levantando la carga. Cuando el émbolo 2 termina su recorrido, se requiere una fuerza aún más pequeña. El émbolo 3 entonces se mueve hacia fuera para acabar de levantar y de descargar la carga.

Algunos cilindros de tipo émbolo telescópico son del tipo de efecto simple; otros, como el de la figura 11, son del tipo de doble efecto. En este tipo, la presión del líquido se utiliza tanto para los movimientos de extensión como para la contracción. Una válvula de control direccional de cuatro vías es usada generalmente para controlar la operación del doble efecto. Observar los pequeños pasos en las paredes de los émbolos 1 y 2. Estos proporcionan

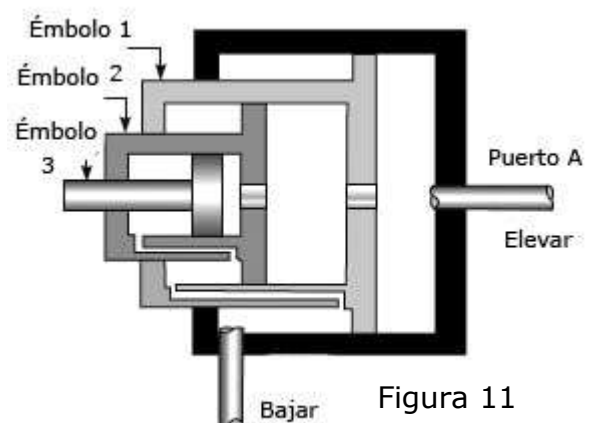


Figura 11

una trayectoria para que el líquido se desplace hacia y desde los compartimientos sobre los labios de los émbolos 2 y 3. Durante el movimiento de extensión, el fluido de retorno atraviesa estos pasos y sale del cilindro a través del puerto B. luego atraviesa la válvula de control direccional hacia la línea de retorno o al depósito. Para contraer los émbolos, el fluido bajo presión se dirige al cilindro a través del puerto B y actúa contra las superficies superiores de los tres labios de émbolos. Esto fuerza los émbolos hacia la posición contraída. El líquido desplazado del lado opuesto de los émbolos sale del cilindro a través del puerto A, luego a través de la válvula de control direccional a la línea de retorno o al depósito.

Las ventajas de los pistones telescópicos son:

- Se reduce el coste del equipo.
- Se pueden implantar sistemas de acción directa, eliminando de esta forma, poleas, cables y paracaídas en el chasis.
- No es preciso tener en cuenta sobrerrecorridos especiales ya que no se requiere resincronización.
- Este sistema requiere un espacio reducido (un 50% menos que el desincronización hidráulica tradicional)
- Se implementa un doble sistema de seguridad, al añadir además de la válvula paracaídas un dispositivo contra la eventual rotura de cadenas.

Aplicaciones

-Ascensores Unifamiliares:

→Sin cuarto de máquinas

-Ascensores residenciales:

→Con cuarto de máquinas

→Sin cuarto de máquinas



Figura 12

-Ascensores en centros comerciales y hoteles

-Montacargas de coches

-Ascensores en hospitales:

Diseñados para atender las diferentes características del tráfico vertical de los hospitales, tales como:

- Los traslados de enfermos rápido y evitando movimientos bruscos del ascensor en el arranque y la parada.
- Se producen picos muy altos de intensidad de tráfico en los cambios de turno, horas de visita, horarios de comida, etc.
- Existe tráfico altamente preferencial, como los traslados de las camas y camillas a los quirófanos o movimientos de los carros de comida en horarios determinados.

- El tiempo de espera del personal del hospital debe ser mínimo.



Figura 13

1.2.2. Eléctrico

Funcionamiento

La instalación se compone de un circuito de tracción, compuesto por motor, freno, reductor y polea de tracción, un circuito de elevación compuesto por la cabina, el contrapeso y el cable de tracción y en algunos casos el cable de compensación y finalmente se implanta un circuito de limitador de velocidad compuesto por el propio limitador, el cable de paracaídas y el mecanismo propiamente dicho de paracaídas que hace detener la cabina en caso de exceso de velocidad. También se incorpora la instalación fija formada por guías y amortiguadores, cuartos de máquinas y poleas y puertas de acceso.

Partes

CUARTO DE MÁQUINAS Y POLEAS

Son locales especialmente adecuados para ubicar los grupos tractores, sus cuadros de maniobra y las poleas de renvío. No deben ser accesibles más que para el personal técnico encargado de su conservación y reparación.

Los locales en que se instalan los grupos tractores y sus cuadros de maniobra se denominan cuartos de máquinas, y los que albergan las poleas de renvío, cuartos de poleas.

Los cuartos de máquinas y poleas no deben contener más que las instalaciones relacionadas con los ascensores y el material necesario para su conservación. Deben quedar totalmente excluidos de ellos materiales, instalaciones, canalización, etc., ajenos a su servicio.

Los cuartos de máquinas, salvo excepciones muy justificadas, deberán instalarse en la parte superior del recinto pues esta disposición es la más ventajosa desde todos los puntos de vista. En

ningún caso los cuartos de máquinas se construirán adosados a locales habitados.

Una de las ventajas de los ascensores hidráulicos se deriva de la libertad de emplazamiento del cuarto de máquinas, que puede situarse en cualquier posición, al contrario de lo que ocurre con los ascensores eléctricos en los que el enlace relativamente rígido del grupo tractor con la cabina no permite variaciones, si no se quiere acortar la duración de los cables.

MÁQUINAS

MOTORES:

La construcción y características de los grupos tractores y sobre todo de los motores con que van equipados, varía según sea la velocidad nominal del ascensor y el servicio que deben prestar.

Se puede establecer el siguiente esquema:

*Motores de corriente alterna

- motores de una velocidad
- motores de dos velocidades
- motores con convertidor de frecuencia

*Motores de corriente continua con convertidor alterna-continua

Grupos tractores utilizados por los aparatos elevadores según su velocidad y tráfico y aplicaciones:

Clase de instalación	Velocidad de régimen m/s	Grupo tractor
Edificios de viviendas bajos	Hasta 0,70 m/s	Con reductor y motor asíncrono de dos velocidades
Edificios de viviendas altos y oficinas	Desde 0.70 a 1 m/s	Con reductor y motor asíncrono de dos velocidades
Edificios de oficinas y comerciales, hospitales (montacamillas)	Desde 1m/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 2.5m/s	Tracción directa y con variador de frecuencia
Almacenes y talleres montacargas o elevadores mixtos de grandes cargas, y a veces montacamillas de hospitales	Hasta 0.70 m/s	Con reductor y motor asíncrono de una o dos velocidades o con variador de frecuencia

Motores de corriente alterna

Son los más utilizados, de hecho, la tendencia actual es que aumenta el número de instalaciones con motores de corriente alterna, mientras que disminuye el número de las que incorporan corriente continua, mucho más costosas de mantener.

En lo que se refiere al motor de corriente alterna, son los de jaula de ardilla, pudiendo incorporar dos velocidades mediante la conmutación de polos.

Motores de corriente continua con convertidos de alterna-continua

En estos equipos, la regulación de la tensión de corriente continua rectificada se realiza por medio de un equipo formado por una dinamo taquimétrica, un programador, un comparador y un amplificador electrónico, que actúa sobre dos grupos rectificadores, en grupo de carga positiva, en que M funciona como motor, y otro para carga negativa en que M, funciona como generatriz.

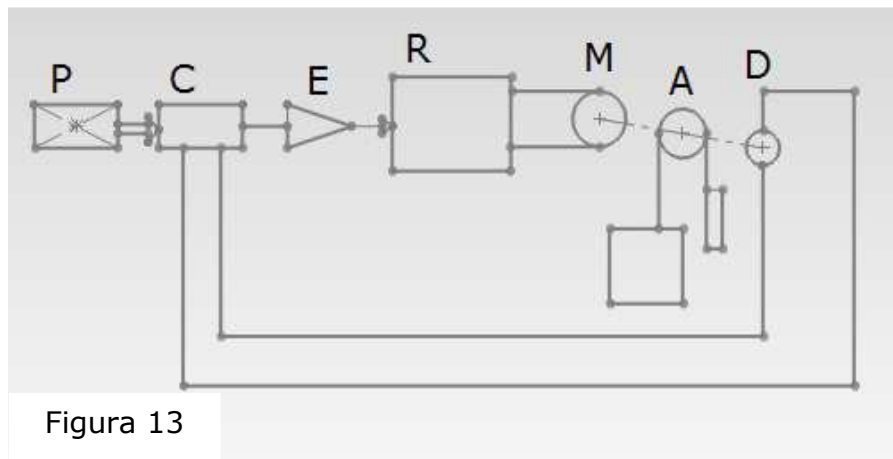


Figura 13

Esquema de principio de un grupo tractor con motor de corriente continúa alimentado por corriente rectificada y regulada por tiratrones.

(M) Motor; (A) Polea motriz del ascensor; (D) Dínamo tacométrica; (P) Programador; (C) Comparador; (E) Amplificador electrónico; (R) Grupo rectificador.

FRENO

Freno mecánico

El sistema de frenada del ascensor debe ponerse en funcionamiento automáticamente en caso de una pérdida de energía eléctrica en los circuitos de control. Este sistema se lleva a cabo mediante un freno de fricción electromecánico. Según EN 81-1, el par de frenada debe ser capaz de frenar de forma segura el ascensor con una carga equivalente al 125% de la carga nominal y de bloquearlo después de la parada.

En el mismo eje del sinfín del reductor va generalmente montado el tambor del freno. El tambor sobre el que actúa el freno, debe estar acoplado por un enlace mecánico a la polea o al piñón, o al tambor de arrollamiento, que haga la tracción.

Sobre el tambor del freno actúan dos zapatas empujadas fuertemente por sendos resortes, cuya tensión es regulable, para disminuir o aumentar la tensión de los muelles. Las zapatas son separadas del tambor, cuando se pone en tensión el electroimán que las acciona. Por tanto en posición de reposo, cuando no hay tensión, el grupo tractor está frenado. De esta manera cualquier fallo en el suministro de energía eléctrica, produce la parada inmediata del ascensor.

Freno eléctrico

El freno de corrientes parásitas de Foucault sin anillos ni colector forma un solo bloque con el motor. Consta también de un programador con los valores nominales de frenado, y una dinamo tacométrica colocada en el eje del grupo tractor, que suministra una tensión proporcional a la velocidad de éste. De esta forma, esta tensión es transmitida a un comparador-

amplificador que se produce una tensión resultante, que una vez amplificada, se aplica al electrodo de mando o puerta de los tiristores que producen la corriente continua, que actuando sobre el freno de Foucault, va produciendo el frenado justo para la parada suave y a nivel.

Al iniciarse el frenado, se habrá desconectado el motor de la red. El freno mecánico sólo actúa para inmovilizar el ascensor una vez que se ha detenido totalmente la cabina.

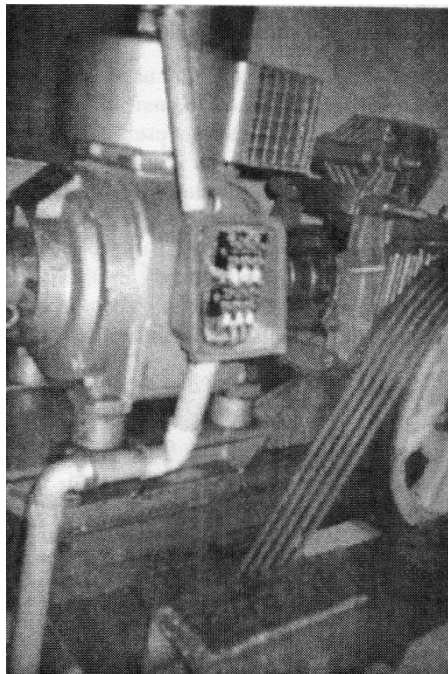


Figura 14: Freno electromagnético de un ascensor

Accionamiento de emergencia

En el extremo libre del motor llevan los grupos tractores o pueden acoplarse, un volante sin manivela ni agujeros para accionar a mano el ascensor, separando previamente las zapatas por medio de una palanca adecuada. Así, en caso de avería o corte del suministro de corriente eléctrica, puede

ponerse el suelo de la cabina, a nivel del piso más próximo para facilitar la salida de los viajeros.

REDUCTOR

En primer lugar, existen ascensores que no introducen ningún tipo de reductor sobre el grupo tractor, se denominan "gearless". La mayoría sí que implementan en la cadena cinemática un reductor entre el freno y la polea tractora. En la actualidad, prácticamente todos los reductores son del tipo sinfín-corona. Su justificación esta motivada por las siguientes ventajas:

- Es una transmisión muy compacta y es la que ocupa menores una potencia y un índice de transmisión dados.
- Es el tipo de transmisión que presenta el menor número de piezas móviles minimizándose por lo tanto los gastos de mantenimiento y de recambio de piezas.
- Es una transmisión muy silenciosa, siendo mínimo el nivel de ruido.
- Tiene una inherente alta resistencia al impacto, algo de suma importancia en el caso de un elevador.

El ascensor sin reductor (gearless) se utiliza para velocidades superiores a 2m/s, mientras que para velocidades inferiores a ésta es necesaria la implantación de un reductor.

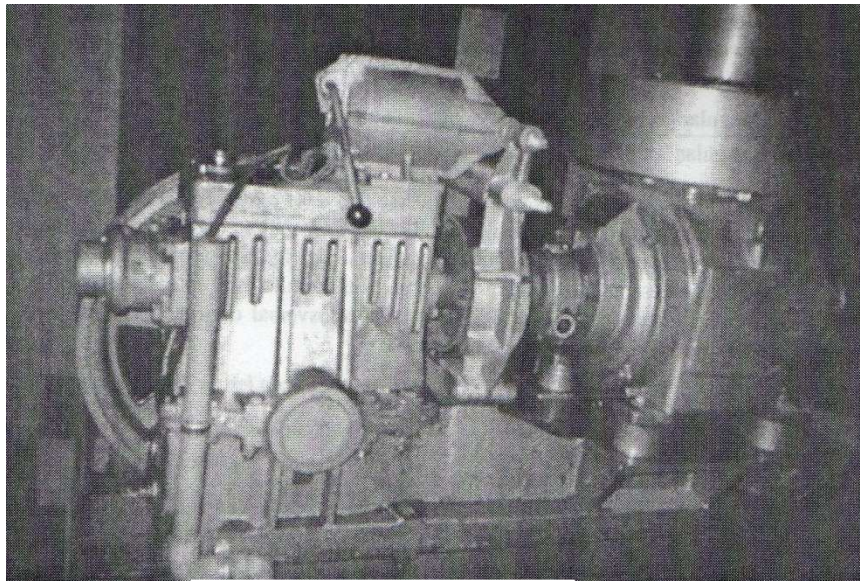


Figura 15: Transmisión típica de un ascensor

POLEAS DE TRACCIÓN

En un ascensor, la polea superior es siempre tractora, y por este motivo se debe diseñar de forma cuidadosa, para que además de soportar los esfuerzos que le transmite el cable, sea capaz de transmitir la tracción a éste por adherencia.

Las poleas que arrastran los cables por adherencia tienen tres características que las definen: su diámetro, el perfil de sus gargantas y el material de que están construidas.

- El diámetro viene determinado por la velocidad de desplazamiento que se fije para la cabina. La Norma EN-81 fija la relación entre diámetro de la polea y el diámetro del cable en un mínimo de 40.
- El perfil de las gargantas de las poleas de arrastre, tiene una influencia en la duración de los cables, siendo los más utilizados los perfiles trapezoidales y semicirculares.
- El material empleado es la fundición de hierro gris, de resistencia suficiente para soportar la presión específica del

cable sobre la garganta, sin que se produzca un desgaste anormal.

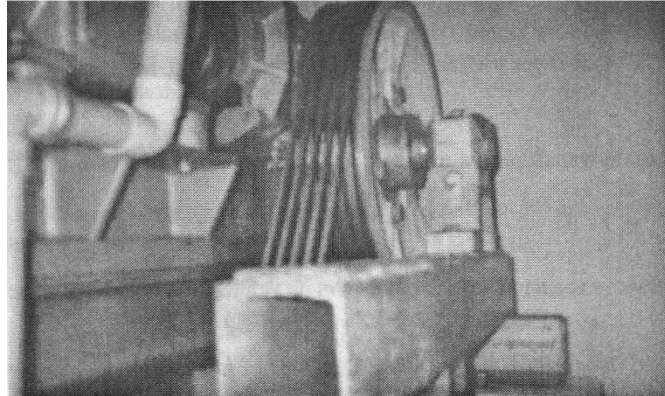


Figura 16: Polea de arrastre

VOLANTE DE INERCIA

El volante de inercia tiene como objeto asegurar que el ascensor quede bien nivelado con cada piso cuando el motor utilizado es de una única velocidad.

Elementos de amortiguación y aislamiento de ruido

Existen tres fuentes de ruido en una instalación de un elevador.

- La maquinaria de tracción (motor, freno, reductor, polea, ejes, rodamientos y carcasa)
- Armario de control
- Fuentes de ruido existentes en el hueco del elevador, tales como puertas de apertura, guías, cables y mecanismos de tensionado de cable

POLEA DE DESVÍO

La polea de tracción debe ser capaz de accionar la cabina y contrapeso sin deslizamientos, para ello, los cables han de tener

contacto con la polea de tracción en un arco superior al mínimo necesario. Con el grupo tractor en la parte superior del recinto, el ángulo máximo del arco de contacto será 180° si el diámetro de la polea tractora es igual a la distancia entre el amarre de los cables en el bastidor de la cabina y el amarre en el contrapeso. Si esta distancia, es mayor, es necesario instalar una polea de desvío, para situar los cables de suspensión de la cabina y contrapeso a la distancia necesaria.

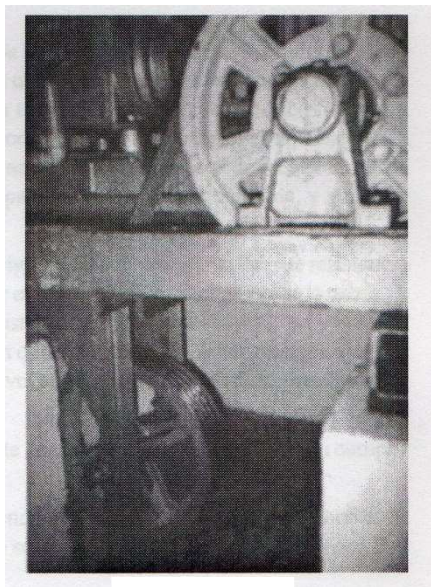


Figura 17

CONTRAPESO

El contrapeso tiene como objetivo equilibrar el peso de la cabina y de una parte de la carga nominal, que suele estar en torno al 50%. De esta forma, se reduce considerablemente el peso que debe arrastrar el grupo tractor, disminuyendo así la potencia necesaria para elevar la cabina.

1.3. Comparación de las distintas opciones

En este apartado se realiza una comparación entre los distintos mecanismos, eléctrico e hidráulico.

OBJETO	ELÉCTRICO	HIDRÁULICO
Velocidad	1m/s o más	1m/s
Paradas	Más de 10 paradas	Hasta 10 paradas
Espacio necesitado	Cuarto de máquinas; MRL*	Cuarto de máquinas; MRL; Armario**
Potencia		Más elevada ya que el ascensor hidráulico no incorpora el contrapeso
Ubicación del motor o central	En el hueco (MRL) o en la parte superior del ascensor	En el hueco o en cualquier sitio
Precio de compra e instalación	Menor coste con mismas prestaciones	Mayor coste, compensado en parte por el ahorro del cuarto de máquinas en la parte superior del edificio
Mantenimiento	Mayor mantenimiento por la sustitución de piezas por desgaste debido al rozamiento	Menor mantenimiento porque los componentes están sumergidos en fluido y su desgaste es menor
Seguridad pasajero	Bajada por reductora del motor	Bajada sin necesidad de utilizar el motor. Doble sistema de seguridad.
Rescate	Acumuladores opcionales de elevado precio	Bobinado de 12v conectada a una batería de serie con el

		que poder bajar hasta la parada más próxima y abrir las puertas
Seguridad operario	Cabina como base de trabajo	Instalación primer piso o último piso en cualquier lugar
Estética	Se tiene que esconder el contrapeso	Productos para instalaciones panorámicas
Rehabilitaciones	Aplicación difícil debido a las dimensiones requeridas para su instalación	Óptimos para rehabilitaciones debido a su adaptabilidad en función de las dimensiones

*MRL = Aprovecha el hueco del foso del ascensor para ubicar dentro la maquinaria hidráulica

** Armario o MC = la maquinaria va dentro de un armario que puede ubicarse en cualquier lugar del edificio

Entre las ventajas del ascensor hidráulico se puede considerar que la carga de elevación se transmite directamente a la cimentación del edificio, sin sobrecargar su estructura.

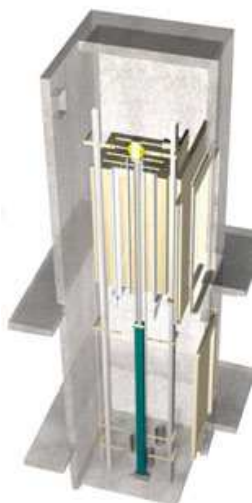
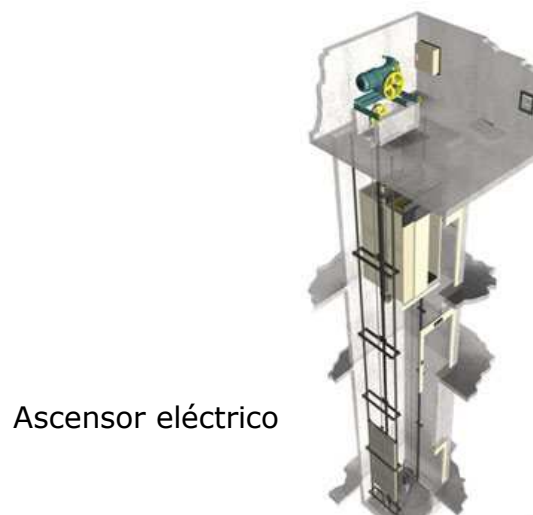


Figura 18
 Ascensor hidráulico



Ascensor eléctrico

2. Objetivo

El objetivo de este proyecto es analizar un ascensor hidráulico de accionamiento indirecto con una capacidad de cuatro personas (320kg) y con una velocidad máxima de 0.6m/s. Se utiliza un cilindro telescópico para conseguir una carrera de 14 metros.

Primero, se procederá a realizar el cálculo de un ejemplo de accionamiento hidráulico, con ello se determinará la fuerza del cilindro y los diámetros tanto de la camisa del cilindro como de los tramos de los vástagos.

Seguidamente se va a modelar en 3D el ascensor. Para ello se utilizará un programa llamado SolidWorks. Se realizarán dos modelos uno "sólido" y otro en "vigas". El modelo "sólido" consta del cilindro, las guías, la polea y el conjunto cabina-bastidor. Este último estará hecho con vigas, ya que así se simula mucho mejor el peso de este conjunto. Con este modelo se realizará el estudio de movimiento. Este comprobará la fuerza del cilindro que tiene y la compararemos con la hallada en los cálculos analíticos realizados con anterioridad.

Por otro lado, el modelo "vigas" esta formado por el conjunto cabina-bastidor y por las guías. Estos conjuntos se utilizarán para el estudio de simulación explicado más adelante, en él se comprobarán como actúan estos componentes bajo distintas hipótesis de carga. En este estudio, se utilizan vigas para evitar que el rendimiento de Simulation se vea perjudicado.

3. Cálculo de un accionamiento hidráulico

A continuación, se explicará el modo de calcular un ejemplo de accionamiento hidráulico. En nuestro caso, es un ascensor para cuatro personas de una altura de 10.5 metros. Para que dicho accionamiento funcione se calcula una masa total aproximada, tanto de la cabina como de los pasajeros.

$$m = m_{\text{cabina}} + m_{\text{pasajeros}}$$

$$m = 550 + 320$$

$$m = 870 \text{ kg}$$

Se procede a calcular la fuerza que tiene que tener el cilindro para poder subir la masa anterior, la masa de la cabina y la masa de los pasajeros. Para ello se estudiará dos situaciones: una la estacionaria y otra cuando arranca y comienza el movimiento.

Situación estacionaria

$$\sum F_y = 0$$



$$F_{\text{útil}} = F + mg$$

$$\sum M_o = 0$$



$$F \times R = mg \times R$$



$$F_{\text{útil}} = 2mg = 2 \times 870 \times 9.8$$

$$F_{\text{útil}} = 17052 \text{ N}$$

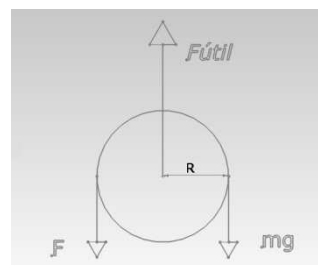


Figura 19

Al arrancar el motor tenemos una velocidad de avance de 0.6m/s y suponemos una velocidad inicial de cero.

$$v_a = 0.6 \text{ m/s} ; \text{ Suponemos que } v_i = 0 \text{ m/s}$$

$$t_{\text{arranque}} = 0.6 \text{ s} \longrightarrow a = \frac{v}{t} = \frac{0.6}{0.6} \longrightarrow a = 1 \text{ m/s}^2$$

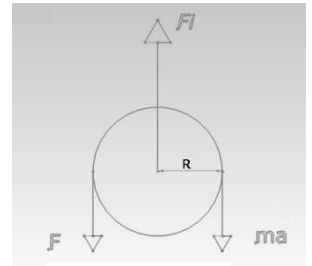


Figura 20

$$\begin{array}{lll} \Sigma F_y = 0 & \longrightarrow & Fi = F + ma \\ \Sigma M_o = 0 & \longrightarrow & F \times R = mg \times R \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} Fi = F + ma \\ F \times R = mg \times R \end{array}} \right\} \begin{array}{l} Fi = 2ma = 2 \times 870 \times 1 \\ Fi = 1740 \text{ N} \end{array}$$

Por lo tanto, obtenemos que la fuerza del cilindro es igual a:

$$F_{cil} = \frac{F_{\text{útil}} + Fi}{\eta} = \frac{17052 + 1740}{0.9}$$

$$F_{cil} = 20880 \text{ N} = 20.88 \text{ kN}$$

Siendo: η : rendimiento

Fi : fuerza de inercia

$F_{\text{útil}}$: fuerza útil

F_{cil} : fuerza del cilindro

Una vez obtenida la fuerza del cilindro, se procede a calcular las dimensiones tanto del pistón como del vástago. Para ello, mediante una tabla de dimensiones de pistones cogeremos la siguiente dimensión.

Diámetro del pistón (D=mm)	Área Pistón (mm ²)	Fuerza de empuje (kN)							
		Presión (bar)							
		6	10	40	60	100	150	200	250
25	491	0.3	0.5	2.0	3.0	5.0	7.5	10.0	12.5
32	804	0.5	0.8	3.3	4.9	8.2	12.3	16.4	20.5
40	1257	0.8	1.3	5.1	7.7	12.8	19.2	25.6	32.0
50	1963	1.2	2.0	8.0	12.0	20.0	30.0	40.0	50.0
63	3117	1.9	3.2	12.7	19.1	31.8	47.7	63.6	79.4
80	5027	3.1	5.1	20.5	30.7	51.2	76.9	102.5	128.1
100	7854	4.8	8.0	32.0	48.0	80.1	120.1	160.1	200.2
125	12272	7.5	12.5	50.0	75.1	125.1	187.6	250.2	312.7
160	20106	12.3	20.5	82.0	123.0	205.0	307.4	409.9	512.4
200	31416	19.2	32.0	128.1	192.1	320.2	480.4	640.5	800.6

Dimensiones Pistón:

$$\begin{array}{l}
 D_{\text{piston}} = 160\text{mm} \\
 \text{Recorrido: } 9.5 - 10.5\text{m} \\
 e = 12\text{mm}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} D_{\text{piston}} = 160\text{mm} \\ \text{Recorrido: } 9.5 - 10.5\text{m} \\ e = 12\text{mm} \end{array}} \right\}
 \begin{array}{l}
 A_p = \pi \frac{D^2}{4} \\
 A = 20106 \text{ mm}^2
 \end{array}$$

Se calcula la presión que tiene que ejercer el fluido para que empiece a elevar el pistón:

$$p = \frac{F_{cil}}{A_p} = \frac{20880}{20106} \qquad p = 1.038 \text{ MPa}$$

Se halla el diámetro del vástago del segundo tramo:

$$L = \beta \times Carrera = 1.5 \times 10500 \qquad L_{e, \text{pandeo}} = 15750\text{mm}$$

Se comprueba que el vástago es una columna larga, es decir, el procedimiento se haría por Euler. En caso contrario, aplicamos Johnson.

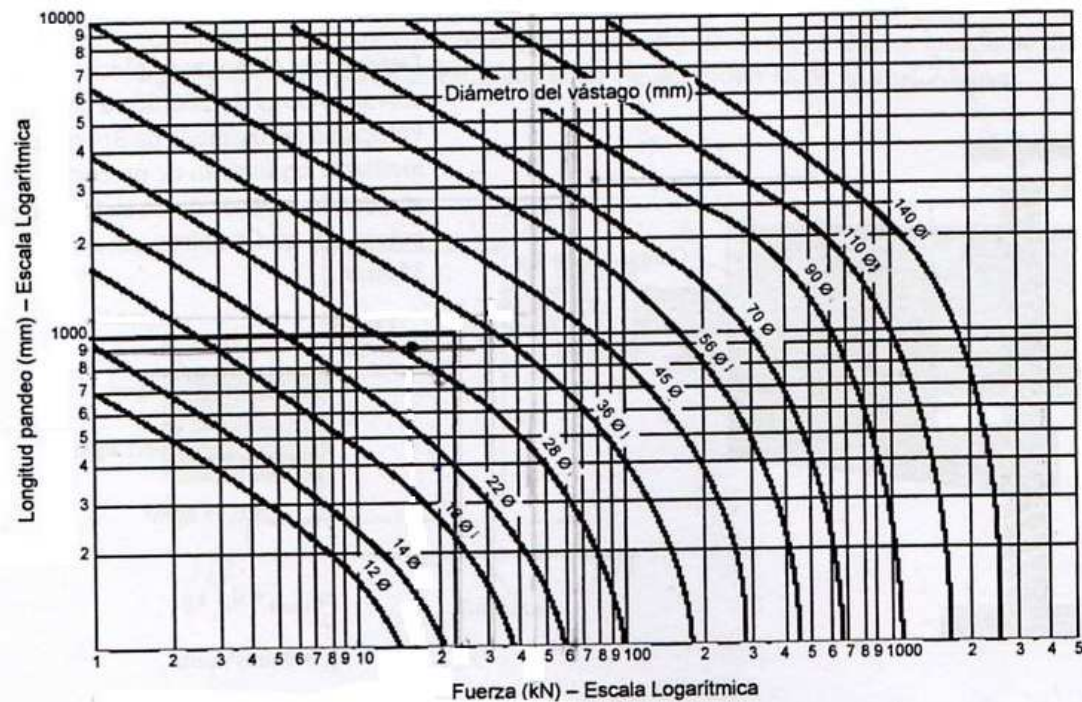


Figura 21

Después de probar con varios diámetros, el válido es:

$$D_v = 140 \text{ mm} \quad I = \frac{\pi}{64} D^4 \quad I = 18857409.9 \text{ mm}^4$$

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \quad A = 15394 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad i = 35 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{Le}{i} = \frac{15750}{35} \quad \lambda = 450 \quad \lambda > \lambda_{lim}$$

$$\lambda_{lim} = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_F}} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 21 \times 10^4}{350}} \quad \lambda_{lim} = 108.83 \quad 450 > 108.83 \text{ CORRECTO EULER}$$

Tras comprobar que la hipótesis de Euler es correcta, se halla la fuerza crítica.

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{Le^2} = \frac{\pi^2 \times 21 \times 10^4 \times 18857409.9}{15750^2} \quad F_{cr} = 157557.8N$$

$$F_{comp} = 20880N$$

$$Cs_{,pandeo} = \frac{F_{cr}}{F_{comp}} = \frac{157557.8}{20880} = 7.5 \quad \text{Siendo } Cs=3$$

$$7.5 > 3$$

Como el coeficiente de seguridad a pandeo es mayor que el coeficiente de seguridad el diámetro del vástago (140mm) es correcto.

Se procede a calcular el espesor adecuado para el tramo uno del vástago.

Se supone pared delgada, es decir, $e > \frac{d}{40}$.

$$\sigma_{eq, \text{máx adm}} = \frac{\sqrt{3} pd}{4 e} = \frac{\sqrt{3} 1.038 \times 140}{4 e} = \frac{62.925}{e}$$

$$\sigma_{eq, \text{máx adm}} = \sigma_{eq}; \quad \sigma_{eq} = \frac{\sigma_F}{Cs}$$

Se utiliza un material de acero con una tensión de fluencia de 350MPa.

$$\frac{62.925}{e} = \frac{350}{3} ; \quad e = 0.539mm \sim 1mm$$

$$e < \frac{140}{40} = 3.5 \quad \text{CORRECTO}$$

Debido a que el diámetro que hemos obtenido es muy pequeño, lo aumentamos a 12mm para poder realizar las sujeciones. Por lo tanto, se obtiene un cilindro telescópico con dos tramos: el primero con un diámetro de 140 mm y un espesor de 12 mm; y el segundo es un vástago de 140mm macizo.

4. Modelización en Solid

La modelización del ascensor ha sido llevada a cabo con el programa de SolidWorks. Un modelo de SolidWorks se compone de geometría sólida 3D en un documento de pieza o ensamblaje. Los dibujos se crean a partir de modelos, o dibujando vistas en un documento de dibujo. Generalmente, se empieza con un croquis, se crea una operación de base y se agregan más operaciones al modelo. La relación de asociación entre las piezas, ensamblajes y dibujos garantiza que los cambios realizados en un documento o una vista se realizaran automáticamente en el resto de documentos y vistas.

Se pueden construir ensamblajes complejos consistentes en numerosos componentes que pueden ser piezas de otros ensamblajes llamados subensamblajes. Para la mayoría de las operaciones, el funcionamiento de los componentes es el mismo para ambos tipos. Al agregar un componente a un ensamblaje se crea un vínculo entre el mismo y el componente.

En nuestro caso, por un lado se ha creado un modelo "sólido" y por otro un modelo con "vigas".

El modelo "sólido" se compone de tres subensamblajes antes de realizar el ensamblaje global. Este modelo se utilizará más adelante en el estudio de movimiento.

1. Ensamblaje Global

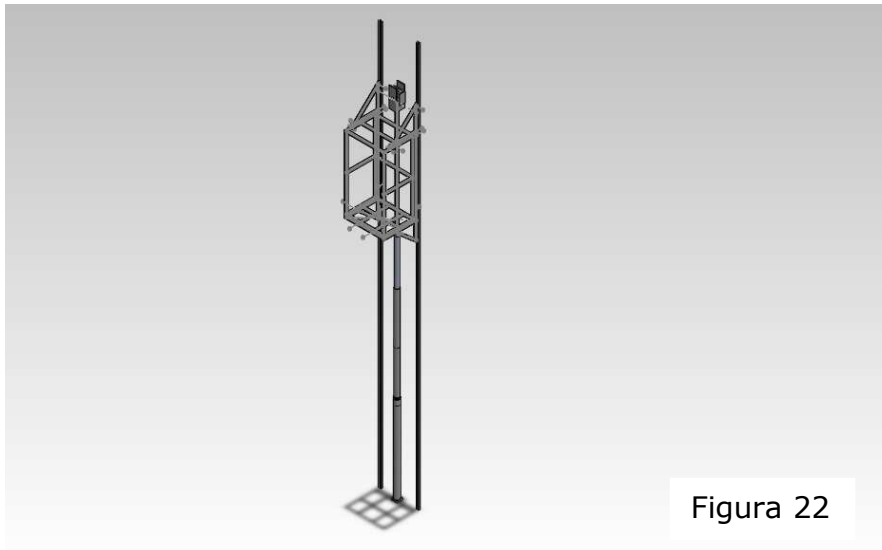


Figura 22

2. Ensamblaje cilindro

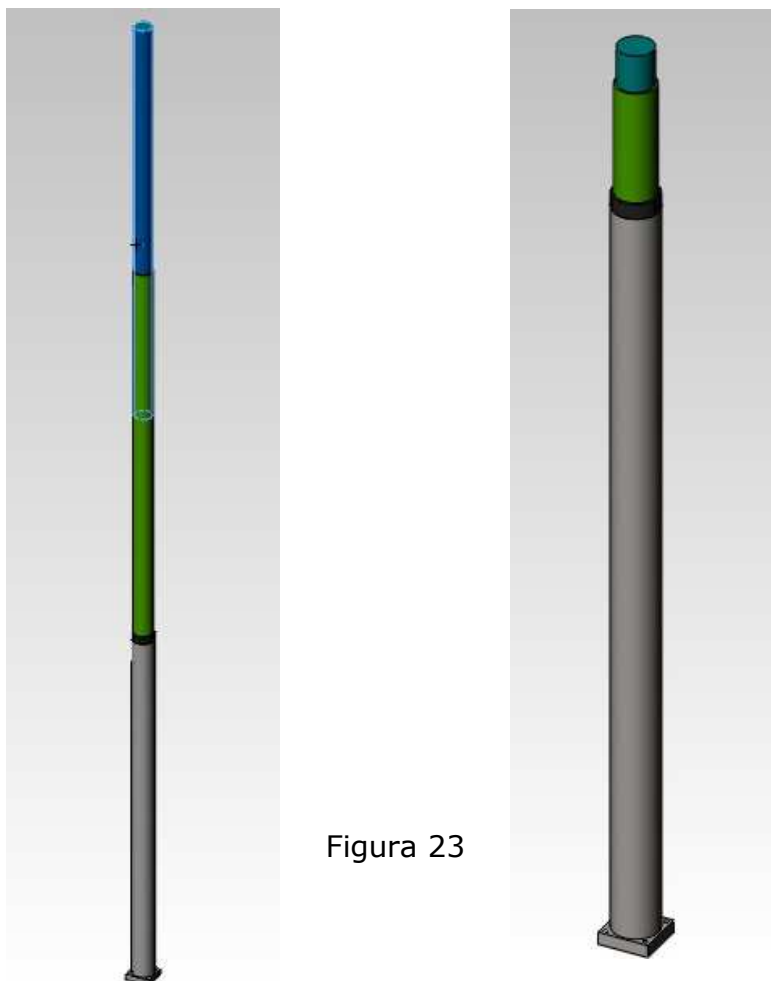


Figura 23

3. Ensamblaje Polea

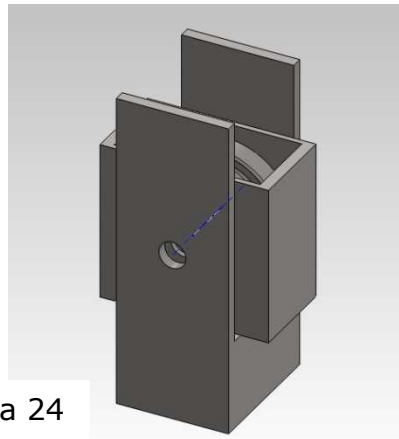


Figura 24

4. Ensamblaje Cabina – Bastidor

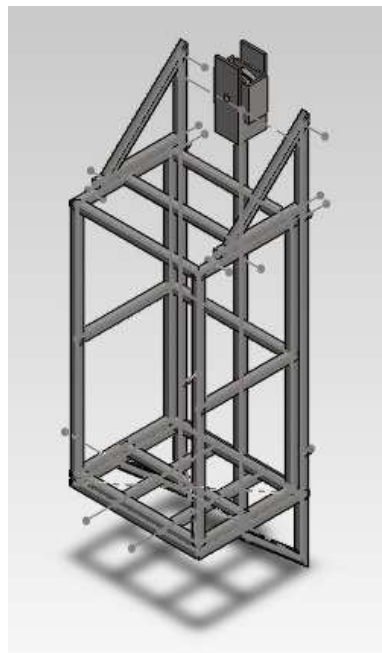


Figura 25

Después se ha creado el modelo de “vigas” para el estudio de simulación. En este modelo sólo se ha construido la parte de la cabina-bastidor y las guías. Este procedimiento es muy sencillo y rápido de realizar, ya que sólo hay que dibujar la estructura deseada con líneas y una vez hecho el croquis se procede a poner los miembros estructurales que se elija. En el modelo sólido también se ha introducido un ensamblaje de vigas, en la cabina-bastidor, para que el peso fuera más real.

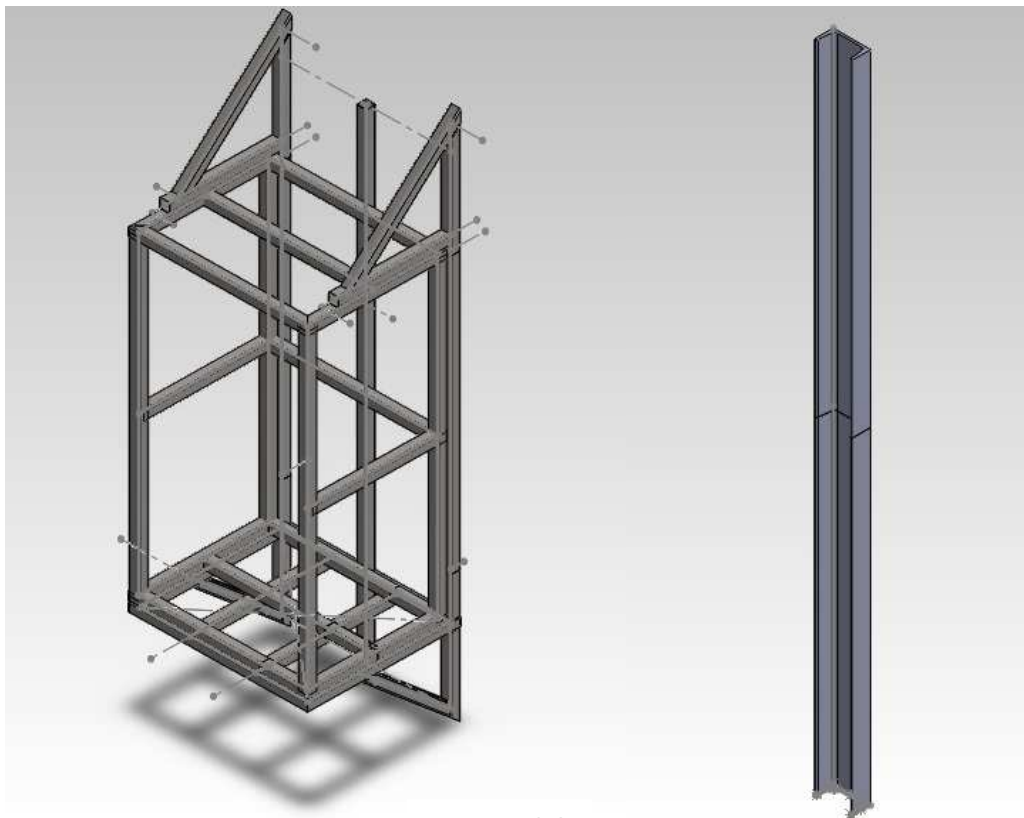


Figura 26

5. Simulación del Movimiento

Los estudios de movimiento son simulaciones gráficas de movimiento para modelos de ensamblaje. Puede incorporar en un estudio de movimiento propiedades visuales, como iluminación y perspectiva de cámara. Los estudios de movimiento no modifican un modelo de ensamblaje ni sus propiedades; simulan y animan el movimiento prescrito para un modelo. Puede utilizar relaciones de posición de SolidWorks para restringir el movimiento de componentes en un ensamblaje al modelar movimiento.

En un estudio de movimiento, se pueden utilizar distintas herramientas como Animación, Movimiento básico o Análisis de movimiento. En nuestro caso utilizaremos este último, ya que nos permite simular y analizar de forma precisa en un ensamblaje los efectos de elementos de movimiento (fuerzas, resortes, amortiguadores y fricción). El Análisis de movimiento utiliza solvers cinemáticos potentes, desde el punto de vista del cálculo, y tiene en cuenta propiedades de materiales así como la masa e inercia.

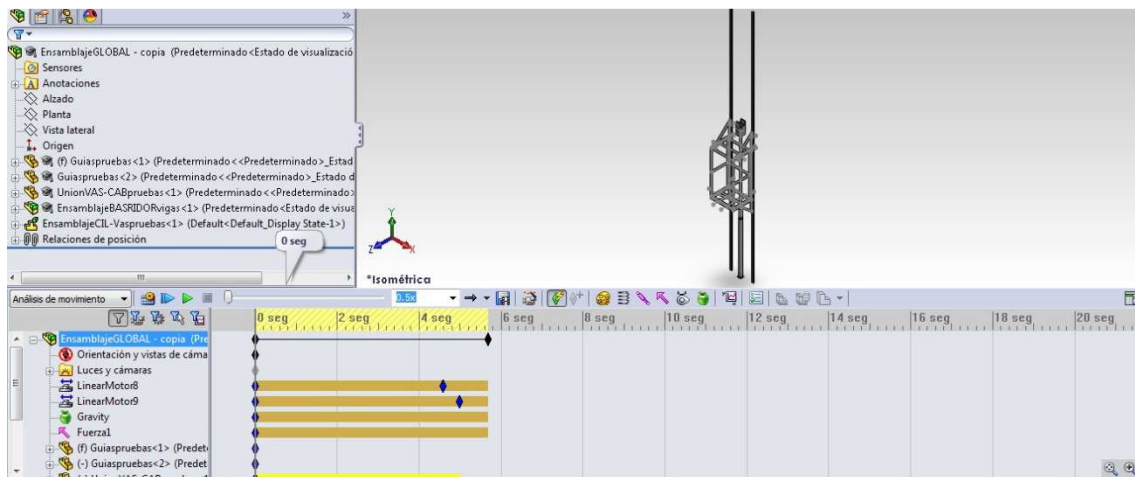


Figura 27

Para el estudio realizado en el ascensor, se ha utilizado elementos sólidos, para el cilindro y las guías, y vigas, para la cabina. Así se consigue un efecto más real en cuanto a la masa. Se han colocado cuatro motores

lineales, dos para la subida y dos para la bajada, debido a que el desplazamiento de los pistones es en la dirección vertical y no rotan. También se ha puesto la gravedad, para que tenga efecto el peso propio de cada una de las partes que componen el ensamblaje.

Tras realizar el cálculo del movimiento, se ha obtenido la gráfica de la fuerza que realiza el cilindro.

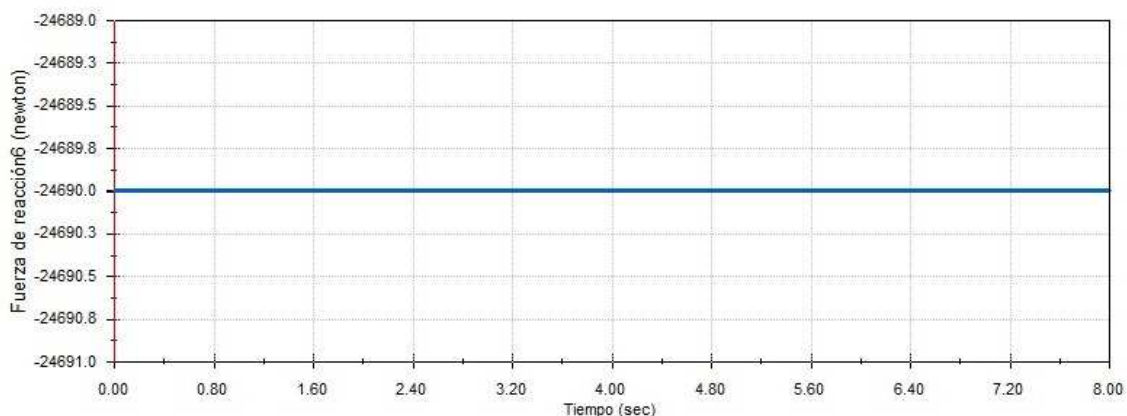


Figura 28

Salí una fuerza de 24690 Newton, está es diferente a la que salía analíticamente en los cálculos previos al estudio de movimiento (20880 Newton).

La diferencia entre ambas fuerzas radica en las masas. SolidWorks considera el peso propio real de todos los componentes del ensamblaje, a diferencia del cálculo analítico en el cual se realiza una estimación de dicha masa.

Se adjunta un vídeo en el CD, en el que se realiza el movimiento de subida y bajada del ascensor.

6. Cálculo estático: Hipótesis hidráulica

6.1. Procedimiento de cálculo con SolidWorks.

La simulación en SolidWorks funciona bajo el software COSMOSWorks, basado en el método de elementos finitos (MEF). El método de los elementos finitos supone, para solucionar el problema, el dominio discretizado en subdominios denominados elementos. El dominio se divide mediante puntos (en el caso lineal), mediante líneas (en el caso bidimensional) o superficies (en el tridimensional) imaginarias, de forma que el dominio total en estudio se aproxime mediante el conjunto de porciones (elementos) en que se subdivide. Los elementos se definen por un número discreto de puntos, llamados nodos, que conectan entre si los elementos. Sobre estos nodos se materializan las incógnitas fundamentales del problema.

SolidWorks Simulation proporciona una solución de pantalla para los análisis de tensión, frecuencia, pandeo, térmicos y de optimización. Además reduce el tiempo de salida al mercado ahorrando tiempo y esfuerzo en la búsqueda de resultados óptimos.



Figura 29

En el análisis de elementos finitos, se realiza primero el preprocesado. Es la etapa que comprende desde la elección del material hasta la discretización de la geometría.

En nuestro caso se procede a hacer básicamente dos estudios: uno de la cabina y el bastidor; y el otro de las guías. Esto se realiza debido a que el bastidor no está en contacto con las guías y ocasiona fallos al ejecutar el estudio.

En resumen, se procederá con los siguientes pasos. Primero se realiza el estudio de la cabina-bastidor con diferentes suposiciones:

- Que haya un peso de 4 personas en la cabina, las cuales estaría distribuido por todo el suelo de esta.
- Que haya una sola persona lo más alejada a la guía y lo más cercana a la guía.
- Que haya 320kg en una esquina lo más alejada y lo más pegada a la guía.

Posteriormente se observa cual de todas las suposiciones es más desfavorable. Para ello se ponen restricciones en donde irán unidos el bastidor y las guías con unas ruedas. Una vez que se tiene esas restricciones, se pasan a los tramos de las guías en los puntos seleccionados.

Nuestro estudio se hace todo con elementos vigas, ya que así la resolución se realiza en una dimensión de manera lineal siendo para el software mucho más rápido. Cada miembro estructural recto se define por una línea recta que conecta dos juntas en sus extremos. Se considera que la sección transversal de una viga es constante a lo largo de toda su longitud.

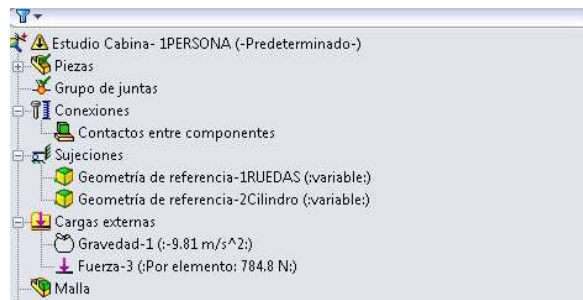


Figura 30

Una vez seleccionado el estudio estático se procede a seleccionar los distintos apartados: elección de material, conexiones, sujeciones, cargas, mallado y resultado.

Material: Es importante la elección del material ya que se requiere el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson, para realizar los posteriores cálculos. El material elegido es un acero aleado; con un módulo elástico de 210000MPa, límite elástico de 620.42MPa y una densidad de 7700kg/m³.

Conexiones: Los miembros estructurales se crean como operaciones de *Pieza soldada*, por lo que en el apartado de *conexiones* no nos deja ya seleccionar el tipo de unión entre las piezas.

Sujeciones: Se ha utilizado la geometría de referencia para aplicar las restricciones. La referencia puede ser un plano, eje, arista o cara; en nuestro caso una cara. Por medio de esta opción, se pueden imponer restricciones sobre vértices, aristas, caras y juntas de viga. Nuestro modelo tiene dos tipos de restricciones: una colocada en la conexión con el cilindro y otra en donde irían las uniones con las ruedas y estas con las guías.

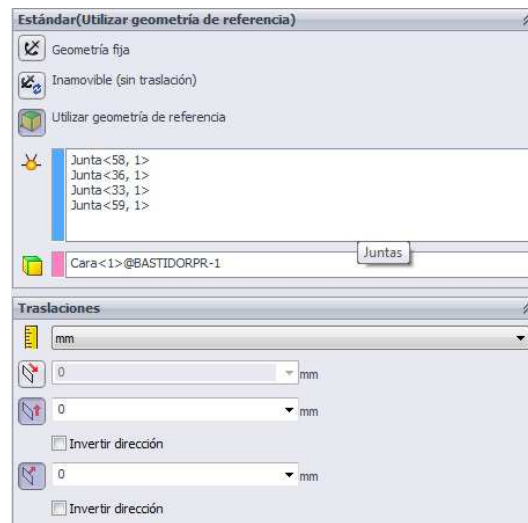


Figura 31

Esta primera restringe el desplazamiento en todas las direcciones, pero si permite el giro, debido a que se estudia una posición determinada y por lo tanto no tiene que haber ningún tipo de desplazamiento en esa zona. En el caso de las otras restricciones sólo se elimina el desplazamiento a la dirección 1 (verde) y en la dirección 2 (azul).

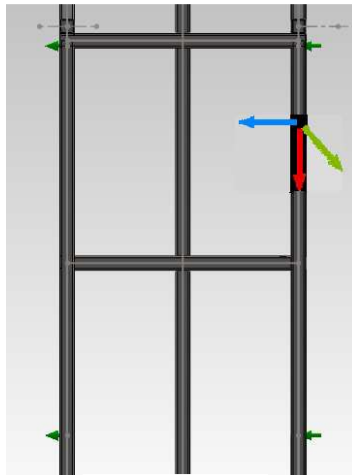


Figura 32

Cargas: Para el estudio del bastidor se ha utilizado la gravedad y una fuerza "X" en cada uno de los casos. El efecto de la gravedad hace que SolidWorks la considere como peso propio de todos los

componentes. Se calcula multiplicando la aceleración de gravedad especificada por la masa, es decir, el peso. La masa se calcula a partir del valor de densidad del material.

Mallado: Es un paso crucial en el análisis de diseño. En los elementos de vigas, el mallado se representa en forma de cilindro, independiente a la sección seleccionada.

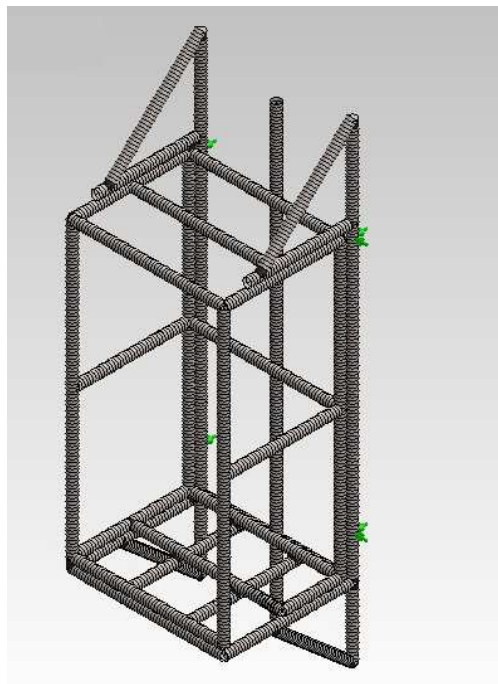


Figura 33

Resultados:

En nuestro caso, los datos que nos interesan son las reacciones que se generan en las vigas del bastidor que van unidas a las guías. Previamente en el modelo de SolidWorks se generaron juntas entre las posiciones donde estarían las uniones.

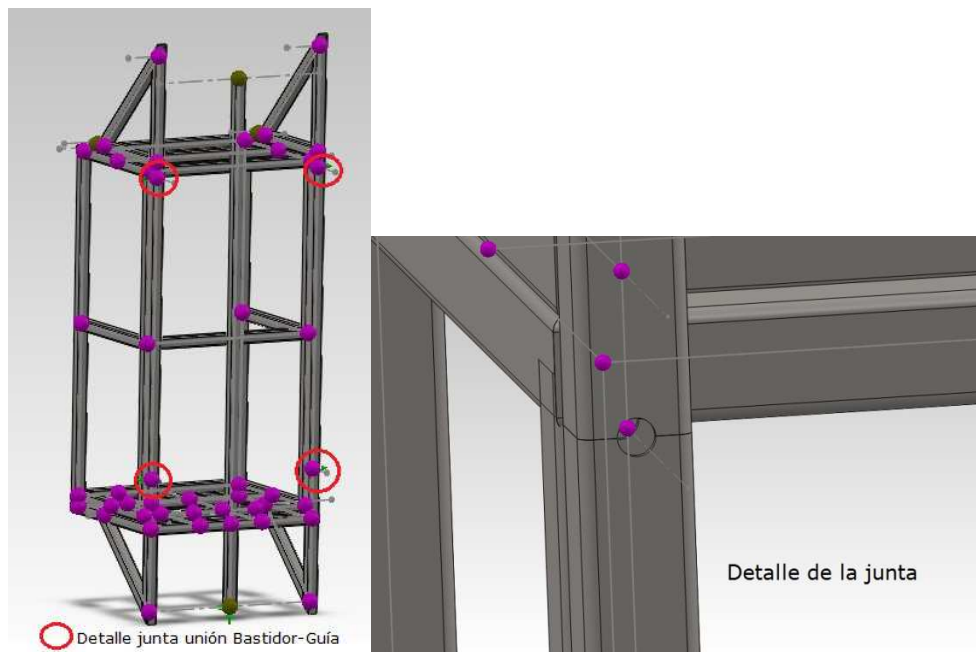


Figura 34

Tras la ejecución del estudio, se obtienen el listado de fuerzas de los extremos de cada uno de los miembros estructurales. Se tiene que tener en cuenta que los resultados de cada elemento se presentan en sus direcciones locales. En nuestro caso, las direcciones de los tres miembros de las dos vigas son distintas. En concreto, cambian los miembros de en medio, marcados en la siguiente figura.

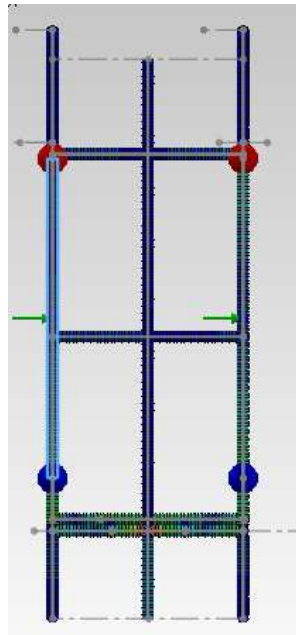


Figura 35

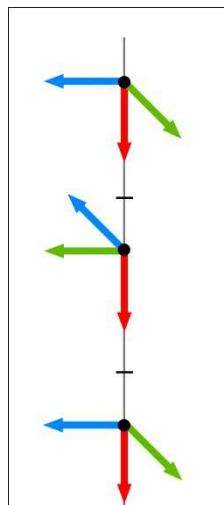


Figura 36

De esta manera se han cambiado los ejes locales de los miembros estructurales de en medio para tener así un único eje de coordenadas local. Los cortantes en la dirección 1 pasan a ser ahora cortante en la dirección 2 pero con el signo contrario y los cortantes en la dirección 2 pasa a ser la dirección 1 con igual signo.

6.2. Simulación de la cabina.

Se procede a analizar los casos anteriormente nombrados:

- CASO 1: Distribuidos por todo el suelo de la cabina.

En la siguiente tabla se muestra los cortantes que hay en las restricciones puestas en la unión entre la cabina-bastidor y las guías. Estos cortantes son los de cada junta o nodo por encima y por debajo de este, siendo C1 el cortante en la dirección 1 y C2 el cortante en la dirección 2.

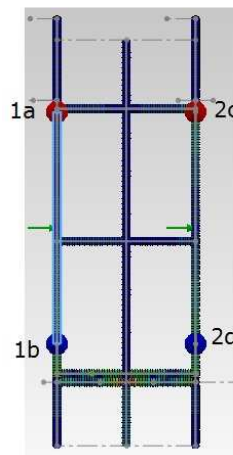


Figura 37

	(N)	1a	1b	2c	2d
Arriba	C1	-2482,3	136,9	66,4	4765,7
	C2	-4122,5	121,2	240,7	352,7
Abajo	C1	-136,9	-27	1075,8	0
	C2	-121,2	15,9	-733,6	-46,5
	C1 TOTAL	-2619,2	109,8	1142,2	4765,7
	C2 TOTAL	-4243,7	137,1	-492,9	306,2
	Resultante	4986,9	175,6	1244,1	4913,1

Con los gráficos de desplazamiento y tensiones se observa que tanto las tensiones como los desplazamientos son insignificantes, por lo que el modelo es correcto.

Este es el caso en el que el desplazamiento y las tensiones son mayores; 8.4 mm y 86.8MPa respectivamente.

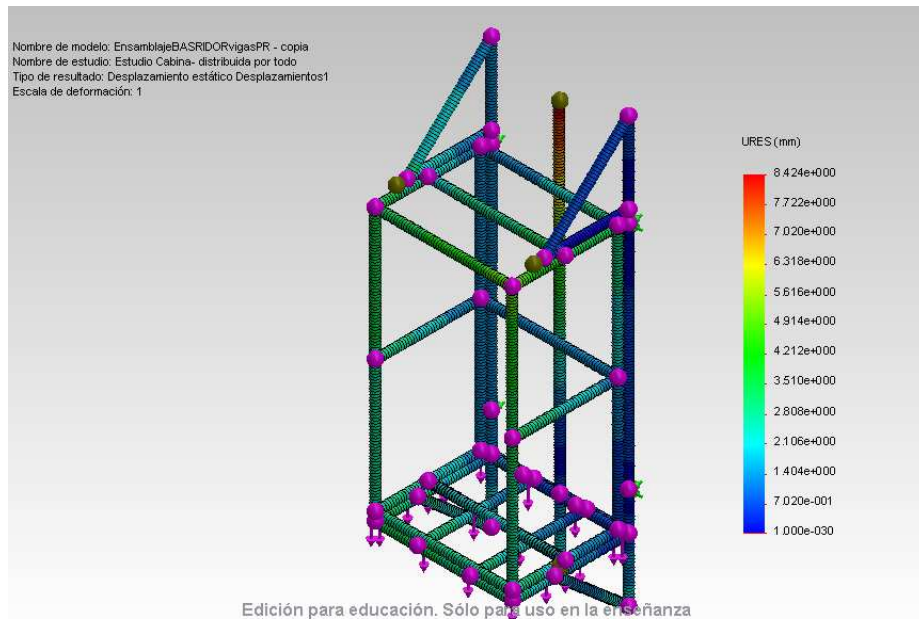


Figura 38

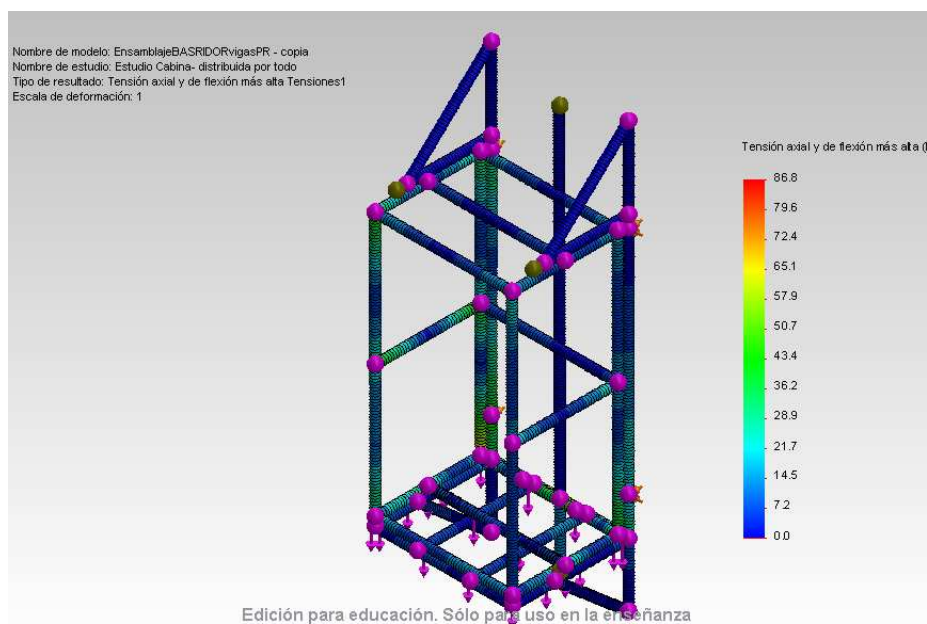


Figura 39

- CASO 2: Una sola persona lo más alejada a la guía:

	(N)	1a	1b	2c	2d
Arriba	C1	-1202,1	61	31,9	1623,8
	C2	-1235,5	-131,4	164	93,9
Abajo	C1	-61	-24,7	915,5	12,5
	C2	131,4	30,6	-181,1	10,5
	C1 TOTAL	-1263,1	36,3	947,4	1636,3
	C2 TOTAL	-1104,1	-100,9	-17,1	104,4
	Resultante	1677,6	107,2	947,5	1639,7

Se obtienen unos resultados máximos de 2.2mm y de 27.2MPa.

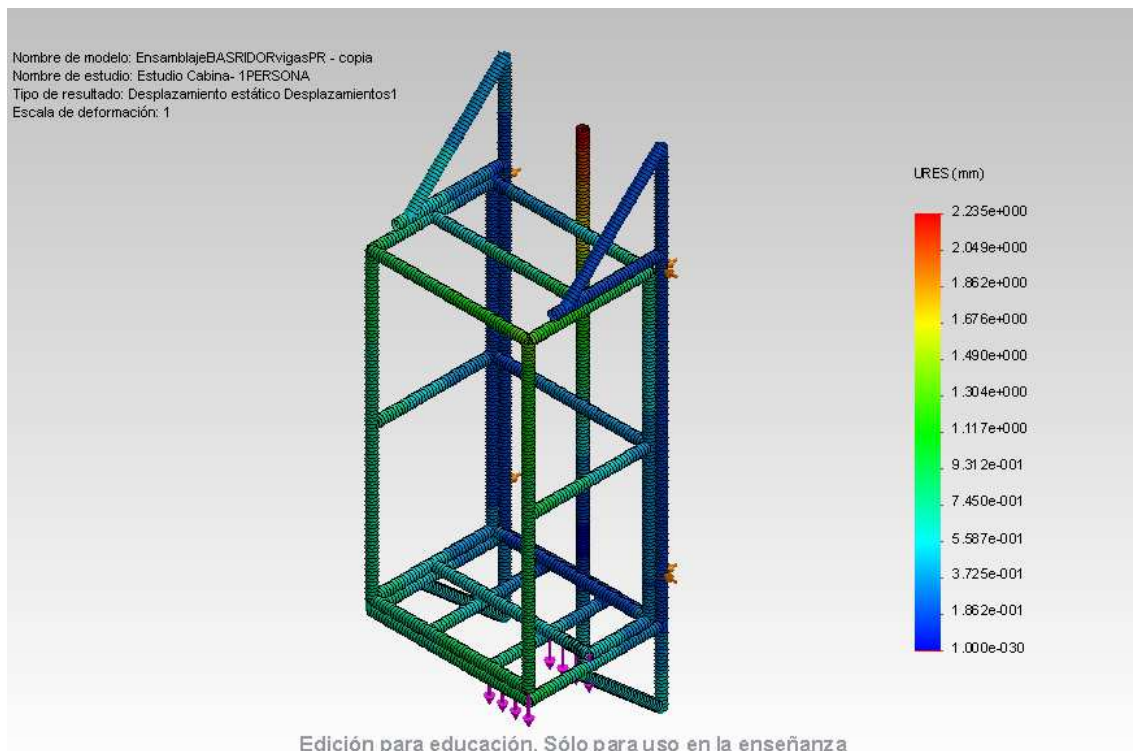


Figura 40

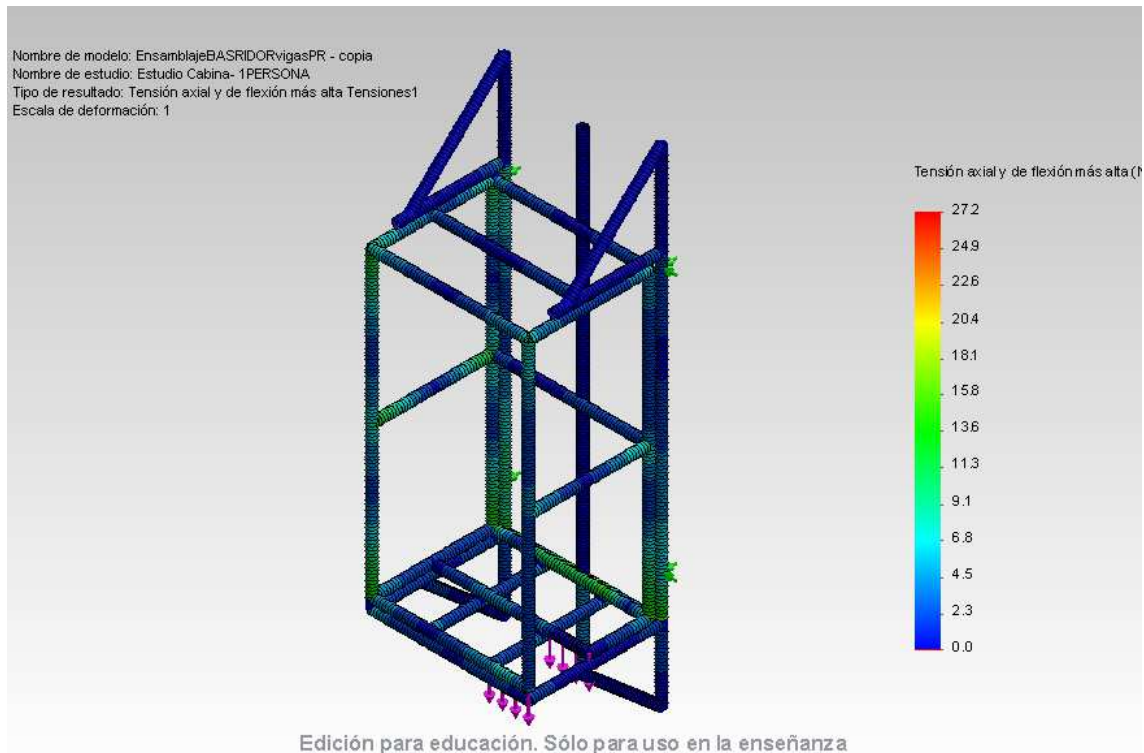


Figura 41

- CASO 3: Una sola persona lo más cercana a la guía:

	(N)	1a	1b	2c	2d
Arriba	C1	-1426,0	145,7	48,9	1761,6
	C2	-1025,9	-52,6	171,7	24,8
Abajo	C1	-145,7	-24,8	925,6	1,7
	C2	52,6	1,6	-220,1	24,1
	C1 TOTAL	-1571,7	120,9	974,5	1763,3
	C2 TOTAL	-973,3	-50,9	-48,4	48,9
	Resultante	1848,7	131,2	975,7	1763,9

Se obtienen unos resultados máximos de 2.3mm y de 30.3MPa.

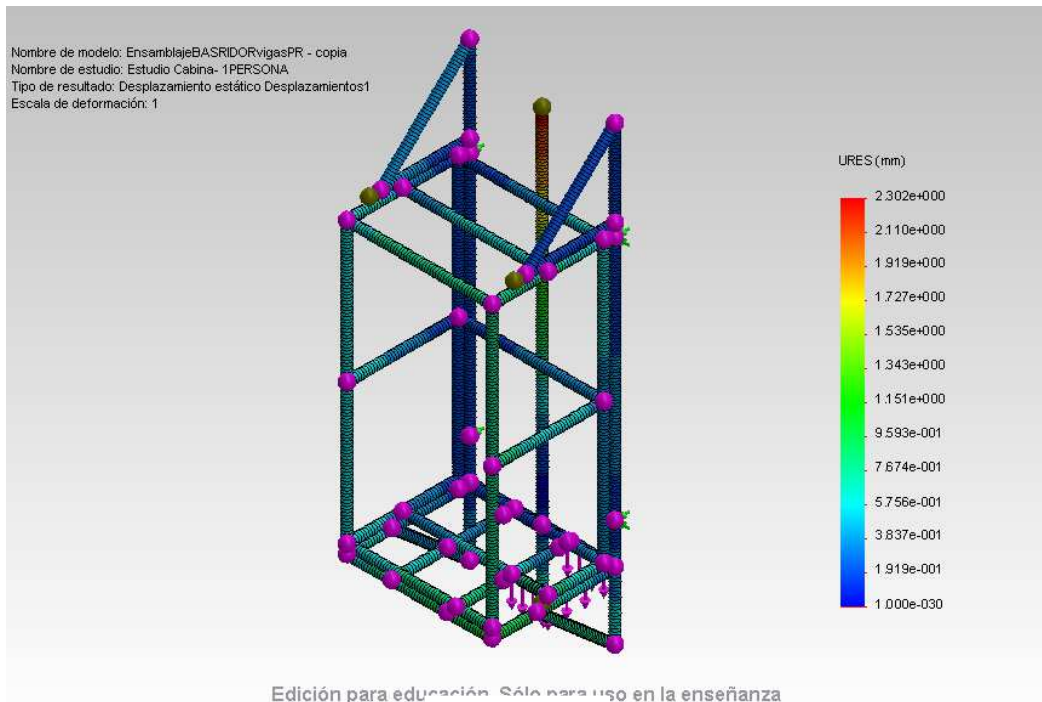


Figura 42

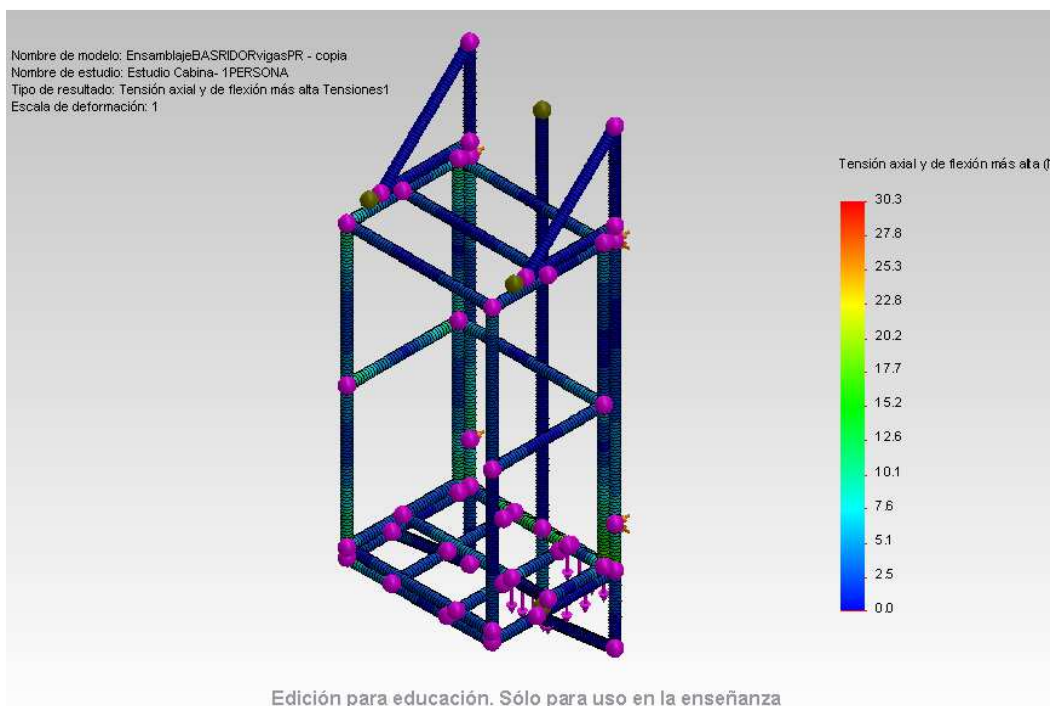


Figura 43

➤ CASO 4: 320kg alejados de la guía:

	(N)	1a	1b	2c	2d
Arriba	C1	-2416,9	134,1	65,8	2958,7
	C2	-2714,1	-307,8	290,9	-304,8
Abajo	C1	-134,1	-25,7	1137,8	67,6
	C2	307,8	6,3	-324,6	39,1
	C1 TOTAL	-2550,9	108,4	1203,6	3026,3
	C2 TOTAL	-2406,3	-301,5	-33,7	-265,7
	Resultados	3506,8	320,4	1204	3037,9

Se obtienen unos resultados máximos de 4.7mm y de 46.9MPa.

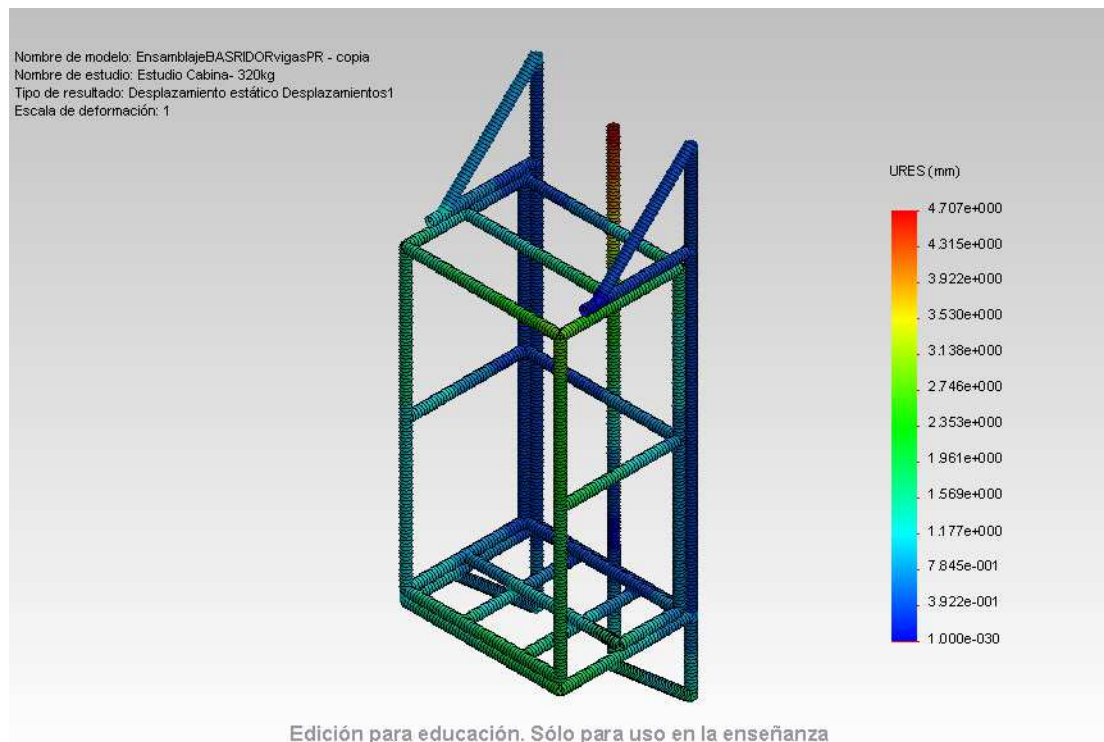


Figura 44

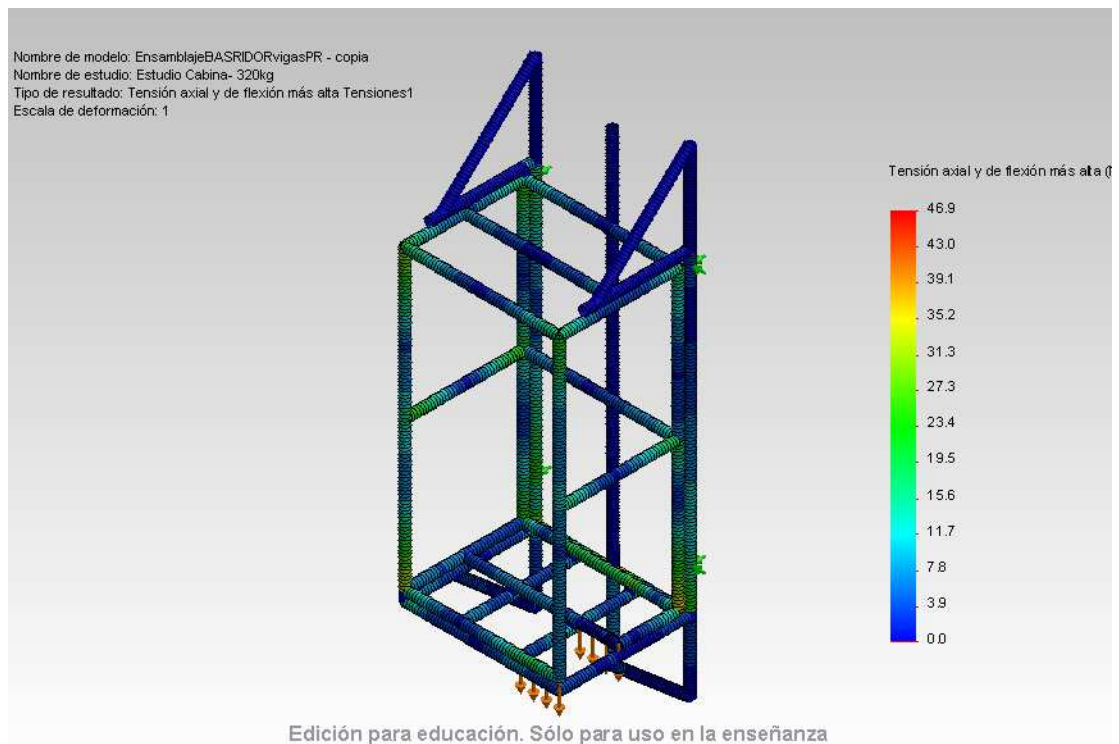


Figura 45

➤ CASO 5: 320kg pegados a la guía:

	(N)	1a	1b	2c	2d
Arriba	C1	-3311,3	100,4	133,9	3509,5
	C2	-1876,8	-364,8	321,6	28,9
Abajo	C1	-100,42	-26,2	1178,2	24,2
	C2	364,8	0,6	-480,4	93,2
	C1 TOTAL	-3411,7	74,3	1312,1	3533,7
	C2 TOTAL	-1512	-364,2	-158,7	122,2
	Resultados	3731,8	371,66	1321,7	3535,8

Se obtienen unos resultados máximos de 5.4mm y de 59.6MPa.

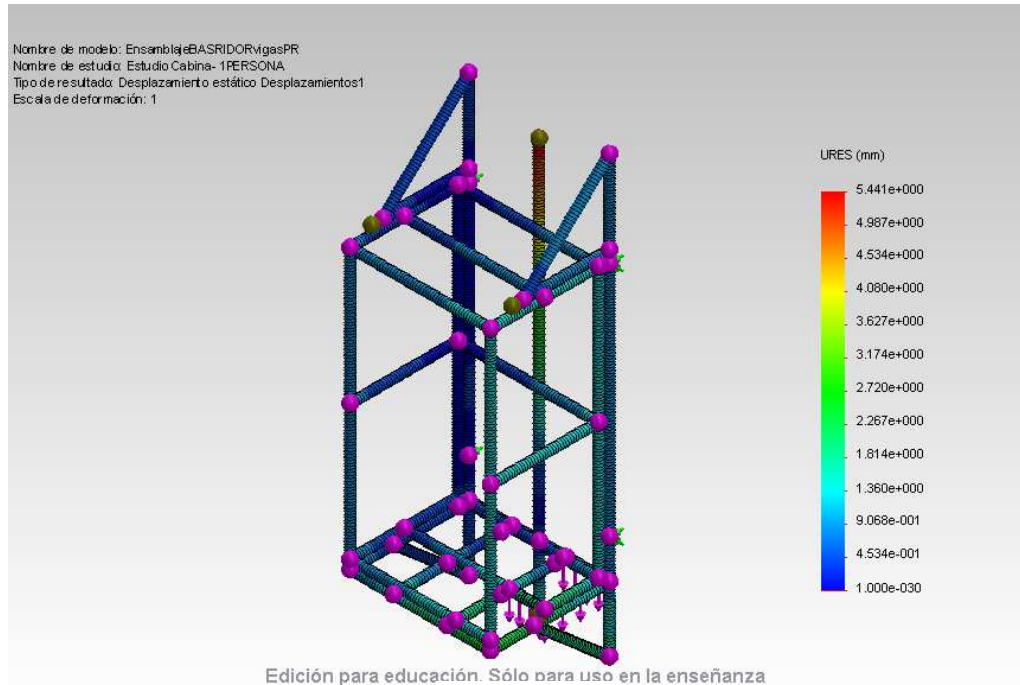


Figura 46

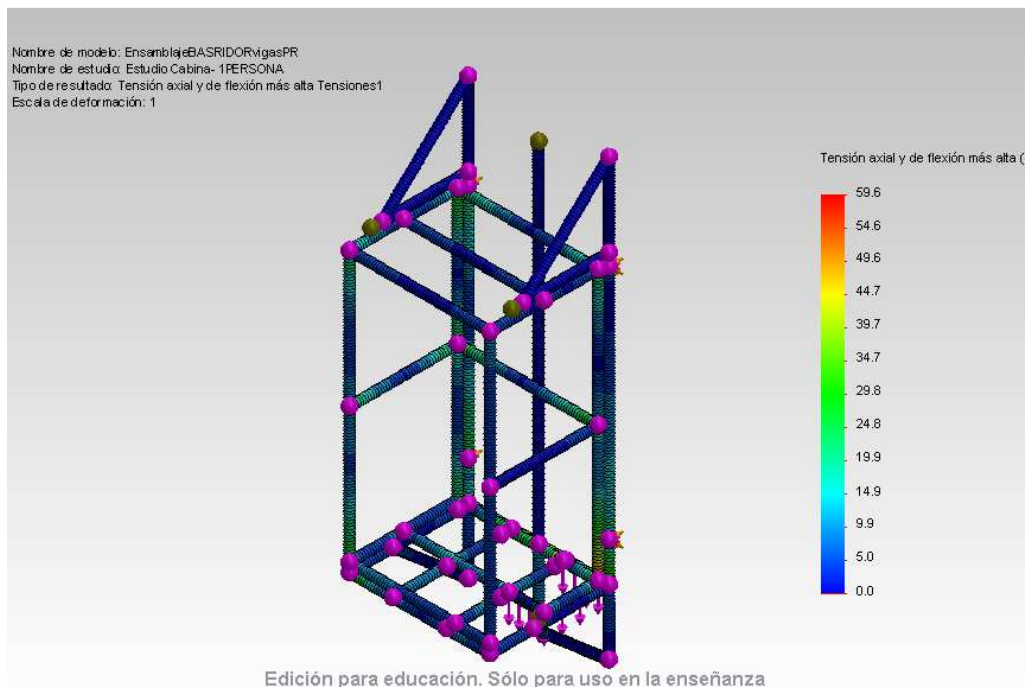


Figura 47

Tabla resumen de los desplazamientos y tensiones máximas de todos los casos:

	Desplazamientos máximos (mm)	Tensiones máximas (MPa)	Resultante más desfavorable
CASO 1	8.4	86.8	4986.8
CASO 2	2.2	27.2	1677.6
CASO 3	2.3	30.3	1848.6
CASO4	4.7	46.9	3506.8
CASO 5	5.4	59.6	3731.7

Tras realizar los cálculos, se observa que el caso más desfavorable se presenta en la distribución por todo el suelo de la cabina, en concreto en el 1a con una resultante de 4986.85N. Esto es lógico ya que en esta suposición se concentra toda la masa posible que debe de llevar el ascensor (4personas de unos 80kg). Cuando se pasen estas reacciones a las guías serán en sentido contrario.

6.3. Simulación de las guías.

Por otro lado, al realizar el estudio de las guías. Primero se calcula, a partir de la esbeltez, la longitud que debe de tener cada uno de los tramos en los que anclamos la guía para que esta no pandeé. Al calcular la longitud de estos tramos, se tiene más certeza en que posteriormente estos no pandeen y así se consiguen flexiones menores.

Con la esbeltez de $\lambda = 154$, se quiere hallar la longitud de la viga en la que se va a dividir. Para ello, se considera que las guías están trabajando a compresión y sus dos extremos libremente articulados. De esta manera fijando la esbeltez de los tramos de la guía se asegura de que dicha guía no pandeé.

En nuestro caso, se tiene una viga con una longitud de 14m con un perfil UPL 100, cuyas características son:

			DIMENSIONES				Eje X-X				Eje Y-Y				TORSIÓN	
Designación	Peso Kgf/ m	Área cm ²	d mm	bf mm	tf mm	tw mm	Ix cm ⁴	Sx cm ³	Zx cm ³	rx cm	Iy cm ⁴	Sy cm ³	Zy cm ³	ry cm	J Cm ⁴	Cw Cm ⁶
UPL 80	6.08	7.75	80	35	7.0	4.5	74.4	18.6	22.4	3.1	7.80	3.18	7.24	1.00	0.99	84.9
UPL 100	8.20	10.4	100	40	8.0	5.0	155	30.9	37.8	3.9	13.5	4.8	11.0	1.15	1.71	237
UPL 120	9.58	12.2	120	45	8.0	5.0	266	44.3	52.8	4.6	19.8	6.10	14.3	1.27	1.96	520
UPL 140	11.3	14.5	140	50	8.5	5.0	435	62.1	73.5	5.4	29.0	7.90	18.9	1.41	2.53	1060

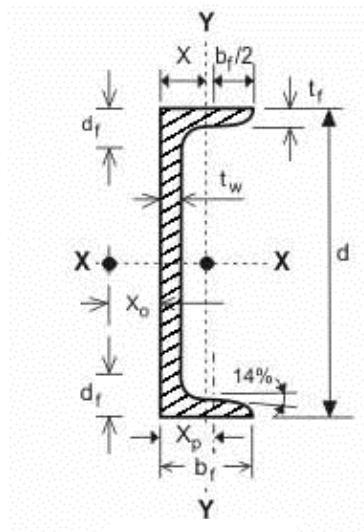


Figura 48

Para obtener la mayor esbeltez, y así conseguir el valor más desfavorable, se tiene que coger el momento de inercia menor. Por lo tanto:

$$I_y = 13.5 \text{ cm}^4 = 13.5 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A = 10.45 \text{ cm}^2 = 1045 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto:

$$\lambda = \frac{Le}{i}; \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad i = 11.366 \text{ mm}$$

$$Le = \lambda \times i \quad Le = 1750.36 \text{ mm}$$

Como es articulada en sus extremos $\beta=1$

$$Le = L \times \beta; L = \frac{1750.36}{1} \quad L = 1750.36 \text{ mm}$$

Se ha obtenido que cada tramo tendrá una medida de 1750mm y se dividirá en 8 tramos.

Al realizar el estudio de la guía en el centro de esta, que es el lugar más desfavorable, el resultado en el desplazamiento y las tensiones es de 8.3mm y 264.7MPa.

En este estudio se ha restringido los desplazamientos en las tres direcciones, consiguiendo una sujeción articulada. Además se han pasado los cortantes en la dirección 1 y 2 en sentido contrario del caso más desfavorable descrito anteriormente.

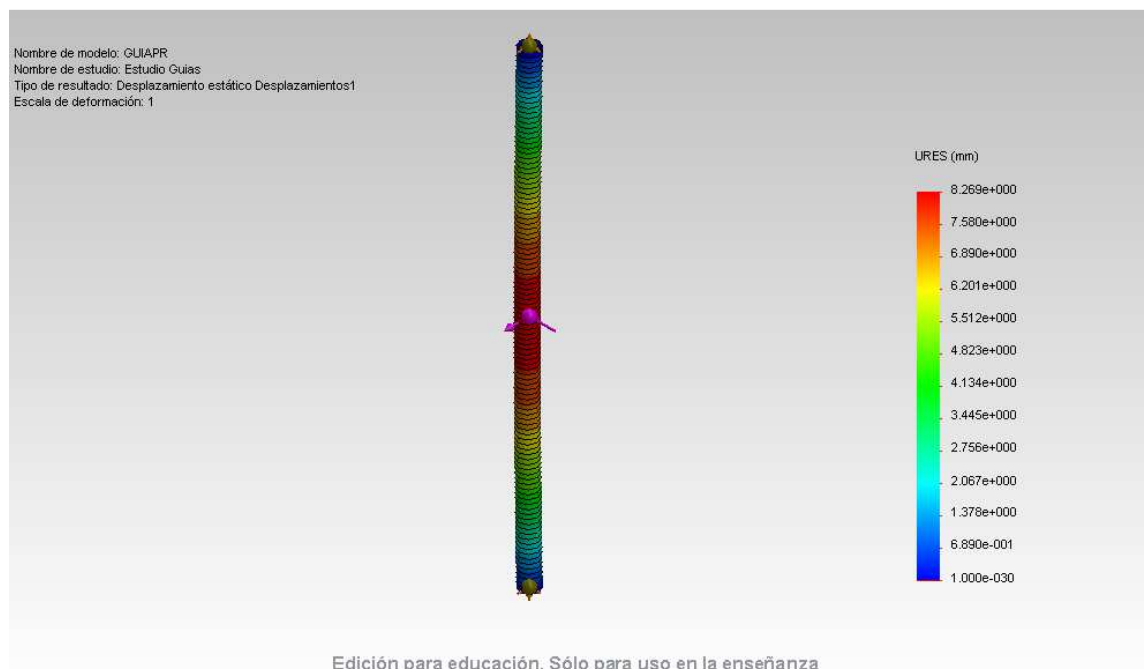


Figura 49

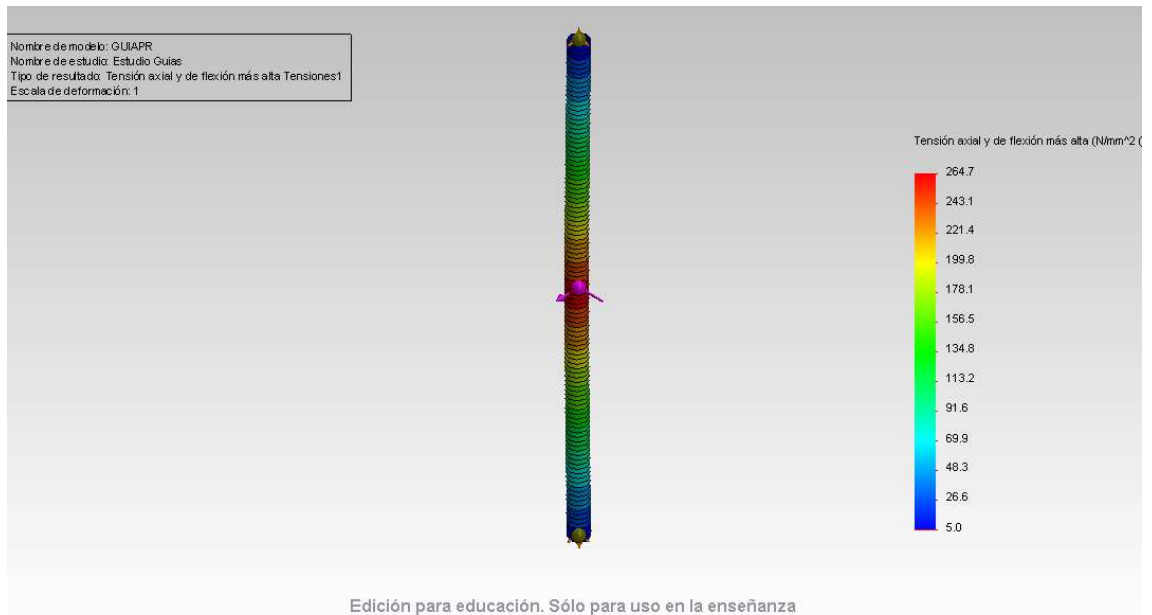


Figura 50

Se observa que el desplazamiento en el centro de la guía es de casi un centímetro, por lo que se opta por poner un apoyo ahí para evitar de una manera sencilla esa flexión de la barra. Se podría corregir bien aumentando espesores o con materiales más resistentes, pero con un simple anclaje se ahorra material.

El nuevo resultado que se obtiene es de $3.4 \text{ e-}5 \text{ mm}$.

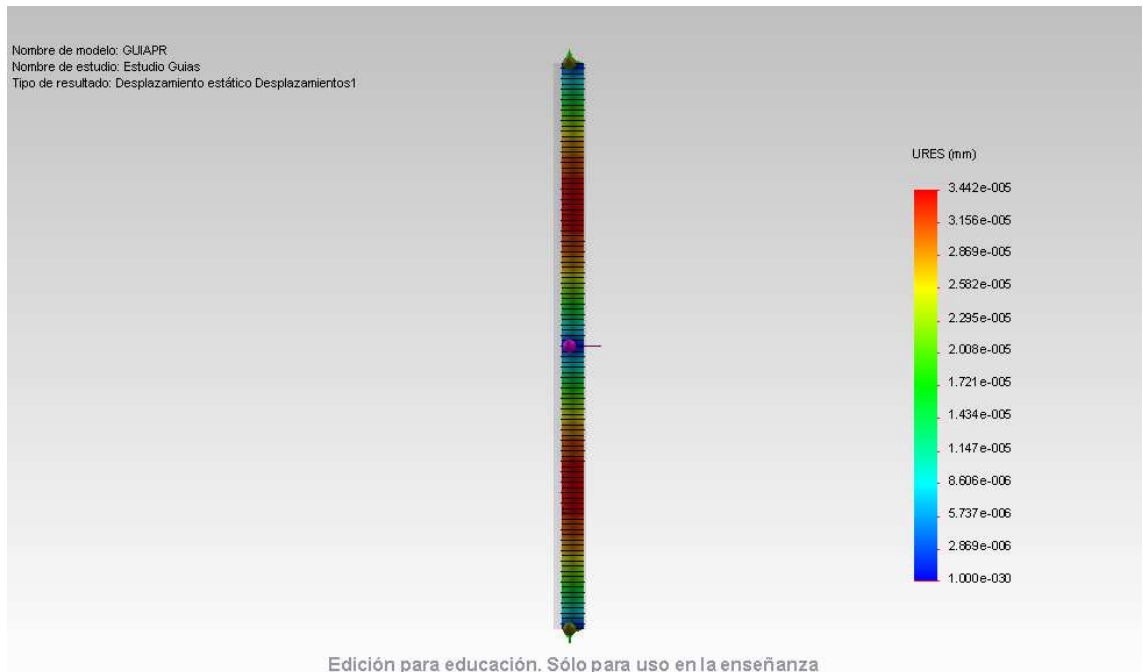


Figura 51

Este desplazamiento es mucho menor y optimo para el modelo.

7. Conclusión

Tras realizar el estudio de movimiento se determino con precisión la fuerza que debe ejercer el cilindro hidráulico para elevar una determinada carga. Esto hace que sea mucho más fácil saber en la realidad que central hidráulica elegir. Después se estudio mediante la simulación, como actuaban las distintas partes del modelo en situaciones diferentes. Determinando que la situación más desfavorable en el bastidor se da en una distribución uniforme de la carga admitida por el ascensor (cuatro personas de unos ochenta kilos cada una). En el caso de las guías se soluciono poniendo apoyos en los distintos tramos hallados y posteriormente en medio de cada tramo para así evitar una posible flexión.

8. Bibliografía

AUTOR: Antonio Miravete y OTROS; TÍTULO: El libro del transporte vertical;
Editado por Antonio Miravete (1996)

PÁGINAS WEB:

http://www.ascensoresyelevadores.com/elevadores_hidraulicos.htm

http://www.thyssenkruppelevadores.es/p_ascensores.aspx?id=ASCE

<http://crazyforarchitecture.blogspot.com/>

<http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/sistoleo/teorico/03-Actuadores.pdf>

Catálogo Otis de ascensores hidráulicos

