



Escuela Universitaria de  
Ingeniería  
Técnica Industrial  
**Universidad Zaragoza**

---

## **PROYECTO FINAL DE CARRERA**

Mejora de eficiencia energética en ascensores

### **AUTOR**

Óscar Vera Vaquero

### **DIRECTOR**

Luis Lezaún Martínez de Ubago

### **ESPECIALIDAD**

Mecánica

### **CONVOCATORIA**

Septiembre 2015





Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
Universidad Zaragoza

PROPUESTA y ACEPTACIÓN DEL  
PROYECTO FIN DE CARRERA DE INGENIERÍA TÉCNICA

DATOS PERSONALES

APELLIDOS, Nombre

VERA VAQUERO, OSCAR

Nº DNI 17752605D Dirección MANOLITA MARCO Nº 19 JUSLIBOL

C.P. 50191 Localidad ZARAGOZA

Provincia ZARAGOZA Teléfono 660260603 NIA:

Firma:

DATOS DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL, Especialidad MECANICA

TITULO MEJORA DE EFICIENCIA ENERGETICA EN ASCENSORES

PROYECTO TIPO A ☐ TIPO B ☒

DIRECTOR LUIS LEZAUN MARTINEZ DE UBAGO

VERIFICACIÓN EN SECRETARÍA

El alumno reúne los requisitos académicos (1) para la adjudicación de Proyecto Fin de Carrera

SELLO DEL CENTRO

EL FUNCIONARIO DE SECRETARIA

Fdo.: \_\_\_\_\_

SE ACEPTA LA PROPUESTA DEL PROYECTO (2)

En Zaragoza, a 10 de abril de 2015

Fdo.: LUIS LEZAUN MARTINEZ DE UBAGO

DIRECTOR DEL PFC

SE ACEPTA EL DEPÓSITO DEL PROYECTO

En Zaragoza, a 02 de SEPTIEMBRE de 2015

Fdo.: LUIS LEZAUN MARTINEZ DE UBAGO

DIRECTOR DEL PFC

(1) Requisitos académicos: tener pendientes un máximo de 24 créditos o dos asignaturas para finalizar la titulación.

(2) Para que la propuesta sea aceptada por el Director, es imprescindible que este impreso esté sellado por la Secretaría de la EINA una vez comprobados los requisitos académicos.

|   |           |
|---|-----------|
| <b>0. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO</b>                     | <b>6</b>  |
| <b>1. CONCEPTOS BASICOS DE ASCENSORES</b>                     | <b>7</b>  |
| <b>1.1 INTRODUCCION</b>                                       | <b>7</b>  |
| <b>1.2. CONCEPTOS GENERALES</b>                               | <b>21</b> |
| 1.2.1 TIPOLOGIAS BASICAS                                      | 21        |
| 1.2.2 DIFERENTES CLASIFICACIONES                              | 21        |
| <b>1.3. ASCENSOR ELECTRICO</b>                                | <b>22</b> |
| 1.3.1 DEFINICION  | 22        |
| 1.3.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES                               | 23        |
| 1.3.3 PARTES DE UN ASCENSOR ELECTRICO                         | 23        |
| 1.3.4 TIPOS DE ASCENSORES ELECTRICOS                          | 24        |
| 1.3.4.1 CLASIFICACION GENERAL                                 | 24        |
| 1.3.4.1.1 Por tipo de accionamiento                           | 24        |
| 1.3.4.1.2 Por tipología de la instalación                     | 24        |
| 1.3.4.1.3 Por tipo de suspensión                              | 25        |
| <b>1.4 ASCENSOR HIDRAULICO</b>                                | <b>26</b> |
| 1.4.1 DEFINICION  | 26        |
| 1.4.2 TIPOS DE ASCENSORES HIDRAULICOS                         | 27        |
| 1.4.2.1 DE ACCION DIRECTA                                     | 27        |
| 1.4.2.2 DE ACCION INDIRECTA                                   | 28        |
| 1.4.3 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS ASCENSORES HIDRAULICOS | 29        |
| <b>1.5. COMPONENTES DE UN ASCENSOR</b>                        | <b>31</b> |
| 1.5.1 CHASIS DE CABINA Y CONTRAPESO                           | 31        |
| 1.5.1.1 CHASIS, DEFINICION                                    | 31        |
| 1.5.1.2 CONSTRUCCION DEL CHASIS                               | 32        |
| 1.5.1.3 ELEMENTOS A INSTALAR EN CHASIS DE CABINA              | 32        |
| 1.5.2 CABINA  | 33        |
| 1.5.2.1 CABINA, DEFINICION                                    | 33        |
| 1.5.2.2 DISTRIBUCION DE ACCESOS                               | 35        |
| 1.5.2.3 COMPONENTES Y DIMENSIONES                             | 36        |
| 1.5.2.4 ELEMENTOS EN CABINA                                   | 37        |
| 1.5.3 MAQUINA-GRUPO TRACTOR                                   | 38        |
| 1.5.3.1 INTRODUCCION  | 38        |
| 1.5.3.2 REDUCTOR  | 39        |

|   |           |
|---|-----------|
| 1.5.3.3 MOTOR   | 40        |
| 1.5.4 SISTEMA HIDRAULICO  | 40        |
| 1.5.4.1 INTRODUCCION  | 40        |
| 1.5.4.2 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA HIDRAULICO  | 40        |
| 1.5.5 HUECO   | 41        |
| 1.5.5.1 INTRODUCCION  | 41        |
| 1.5.6 SISTEMA DE GUIADO   | 43        |
| 1.5.6.1 INTRODUCCION  | 43        |
| 1.5.6.2 DISPOSICIONES GENERALES RELATIVAS A LAS GUIAS                                       | 44        |
| 1.5.6.3 FIJACIONES Y UNIONES DE GUIAS   | 44        |
| 1.5.6.4 APOYOS SOBRE LAS GUIAS  | 45        |
| 1.5.7 CABLES  | 46        |
| 1.5.7.1 INTRODUCCION  | 46        |
| 1.5.7.2 CORDONES  | 47        |
| 1.5.7.3 CABLES  | 47        |
| 1.5.8 PUERTAS   | 48        |
| 1.5.8.1 INTRODUCCION  | 48        |
| 1.5.8.2 PUERTAS DE CABINA   | 48        |
| 1.5.8.3 PUERTAS DE RELLANO  | 49        |
| 1.5.8.4 CELULAS FOTOELECTRICAS O FOTOCELULAS  | 50        |
| 1.5.9 CUADRO DE MANIOBRA  | 51        |
| 1.5.9.1 DEFINICION  | 51        |
| 1.5.9.2 FUNCIONES   | 51        |
| <b>1.6. COMPONENTES DE SEGURIDAD EN EL ASCENSOR</b>   | <b>51</b> |
| 1.6.1 CONJUNTO LIMITADOR DE VELOCIDAD MAS PARACAIAS   | 52        |
| 1.6.1.1 DEFINICION  | 52        |
| 1.6.1.2 COMPONENTES   | 52        |
| 1.6.2 AMORTIGUADORES  | 55        |
| 1.6.2.1 DEFINICION  | 55        |
| 1.6.2.2 TIPOS DE AMORTIGUADORES   | 56        |
| <b>2. ETAPAS NECESARIAS PARA REALIZAR UNA MEJORA DE EFICIENCIA ENERGETICA EN ASCENSORES</b> | <b>58</b> |
| 2.1. INTRODUCCION   | 58        |
| 2.2. CALIFICACION ENERGETICA DE LOS ASCENSORES SEGUN LA NORMA VDI 4707                      | 59        |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.1 SITUACION EN EL SECTOR DEL ASCENSOR   | 59        |
| 2.2.2 CATEGORIAS POR FRECUENCIAS DE USO DEL ASCENSOR  | 60        |
| 2.2.3 CLASES DE EFICIENCIA ENERGETICA   | 61        |
| <b>2.3. MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGETICA</b>   | <b>64</b> |
| <b>2.4. ETAPAS NECESARIAS PARA REALIZAR UNA MEJORA DE EFICIENCIA ENERGETICA EN ASCENSORES</b> | <b>66</b> |
| 2.4.1. SELECCION DE LA CONFIGURACION MECANICA MAS ADECUADA                                    | 66        |
| 2.4.2 USO DE MATERIALES DE ELEVADA RELACION RESISTENCIA-PESO                                  | 68        |
| 2.4.3 ELECCION DE TECNOLOGIAS EFICIENTES DE TRACCION.   | 69        |
| 2.4.4 ILUMINACION   | 74        |
| 2.4.4.1 LAMPARAS DE INCANDESCENCIA  | 75        |
| 2.4.4.2 LAMPARAS DE DESCARGA O BAJA PRESION.  | 76        |
| 2.4.4.3 ILUMINACION CON LED   | 78        |
| 2.4.4.4 GESTION INTELIGENTE DE LA ILUMINACION   | 79        |
| 2.4.5 DESCONEXION DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGIA                                      | 80        |
| 2.4.6 USO DE MANIOBRA SELECTIVA PARA REDUCIR VIAJES DEL ASCENSOR                              | 82        |
| 2.4.7 SISTEMA REGENERATIVO DE ENERGIA   | 85        |
| <b>3. APLICACION DE MEJORA ENERGETICA. ESTUDIO COMPARATIVO</b>                                | <b>89</b> |
| 3.1. INTRODUCCION   | 89        |
| 3.2. ESTUDIO PRIMERO  | 90        |
| 3.2.1 TECNOLOGIA CON REDUCTOR   | 90        |
| 3.2.2 TECNOLOGIA GEARLESS   | 98        |
| 3.2.3 ANALISIS DE RESULTADOS  | 102       |
| 3.3. ESTUDIO SEGUNDO  | 103       |
| 3.1 TECNOLOGIA CON REDUCTOR   | 103       |
| 3.3.2 TECNOLOGIA GEARLESS   | 108       |
| 3.3.3 ANALISIS DE RESULTADOS  | 112       |
| 3.3.4 VIABILIDAD ECONOMICA DEL SISTEMA REGENERATIVO   | 113       |
| 3.4. ESTUDIO TERCERO  | 114       |
| 3.4.1 TECNOLOGIA CON REDUCTOR   | 114       |
| 3.4.2 TECNOLOGIA GEARLESS   | 117       |
| 3.4.3 ANALISIS DE RESULTADOS  | 120       |
| 3.4.4 VIABILIDAD ECONOMICA DEL SISTEMA REGENERATIVO   | 121       |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| <b>4. CONCLUSION FINAL</b>           | <b>122</b> |
| <b>5. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS</b> | <b>125</b> |

## 0. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO

Se pretende con este trabajo realizar un análisis comparativo de la eficiencia energética en los ascensores.

Se estructura el proyecto en tres apartados bien definidos.

En el primero se exponen los conceptos generales sobre ascensores comenzando con una descripción histórica de estos elementos de transporte. La explicación de las partes que constituyen el conjunto del denominado ascensor es necesaria para que luego pueda entenderse mejor la terminología que aparece en el apartado segundo y tercero.

Igualmente es necesario describir los conceptos relativos a la eficiencia energética de los ascensores y por eso el segundo apartado se dedica a ello. En un tercer apartado, mediante la utilización del programa MP Efficiency, se presentan varios ejemplos concretos de las ventajas que representan la utilización de ciertas modificaciones en la mejora de la eficiencia energética traducidas en los correspondientes ahorros económicos.

Se presentan finalmente las conclusiones obtenidas del estudio en las que no siempre son beneficiosas estas modificaciones pues depende, como se expondrá, de múltiples variables a tener en cuenta.

# 1. CONCEPTOS BASICOS DE ASCENSORES

## 1.1 INTRODUCCION

En los días en los que nos movemos donde el tiempo es oro, es cada vez más necesario la utilización de recursos que nos faciliten un óptimo desarrollo de las actividades realizadas en nuestra vida cotidiana, así como mejorar las condiciones estructurales que directa o indirectamente nos ayudan en nuestro día a día. El transporte vertical nace con la necesidad del hombre por desplazar objetos o así mismo de un lugar a otro más elevado.

Los ascensores han sido desde hace muchos años un medio de transporte que ha servido para facilitar al ser humano unas prestaciones dentro del entorno del transporte vertical tanto de mercancías como de personas muy ventajosas en el ámbito laboral y social.

Los primeros dispositivos de elevación y transporte fueron las palancas, las poleas, los rodillos y los planos inclinados (Figura 1.1). La realización de grandes trabajos de construcción con este tipo de equipamiento exigía enorme cantidad de gente. Un ejemplo lo tenemos en la construcción de las pirámides de Keops (siglo XXV a. C) de 147 metros de altura, compuesta de prismas de piedra cada uno de 9 x 2 x 2 metros cúbicos de tamaño y 90 toneladas de peso aproximadamente. Su construcción duró alrededor de 20 años y en ella estuvieron ocupadas permanentemente cerca de cien mil personas.





Figura 1.1. Utilización de rodillos y planos inclinados para la elevación de los prismas de piedra.

Hacia 1510 a. C. se aplica en Mesopotamia la rueda –utilizada hasta entonces sólo en los carros, en los tornos de alfarero y en las ruedas- a dispositivos mecánicos, convirtiéndose de este modo en un instrumento para la utilización de las fuerzas y la simplificación de los trabajos. Gracias a ello, la resistencia debida a la fricción se reduce a la reinante entre el eje y el cojinete. La polea de cable resulta especialmente importante para transformar fuerzas sin que se produzca una fricción en la cuerda. No es posible demostrar si la polea de cable se emplea ya en Mesopotamia o si se utiliza en Egipto hacia esta época a modo de polea sencilla.



Figura 1.2. Mecanismo de elevación por ruedas (Mesopotamia)

Durante los siglos VI al IV a.C. hizo su aparición el tambor de arrollamiento. Así pues, aproximadamente en el siglo V a.C. se realizaron las primeras instalaciones de elevación: una soga anclada a la carga pasaba a través de una polea dispuesta a una cota superior. La soga se arrollaba a través de un tambor de accionamiento manual sin ningún tipo de guiado. Esto que nos puede parecer muy antiguo todavía se usa en nuestros días en elevadores modernos. La sencillez del sistema (una polea gira y va enrollando el cable o desenrollando según suba o baje) es su mayor virtud ya que el sistema resta muy poca superficie útil a la cabina dado que no necesita de un contrapeso. Esta misma sencillez le perjudica en términos de velocidad, recorrido máximo y eficiencia, motivos por los cuales está en desuso.



Figura 1.3. Máquina de tambor de arrollamiento. Ascensores GBA (Argentina)

Hacia 700 a. C. los mecánicos griegos desarrollan la técnica de la descomposición de las fuerzas con ayuda de los llamados polipastos. El polipasto se compone de una polea fija y una segunda sujeta al objeto a desplazar. Una cuerda discurre, partiendo de un punto fijo, primero alrededor de la polea móvil y después de la fija. Estirando del extremo libre, la carga se desplaza únicamente la mitad de la distancia que lo hace el extremo libre. Son los inicios de la suspensión 2 a 1 muy usada en nuestros días en el mundo del ascensor.

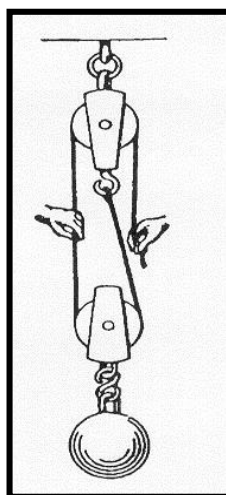


Figura 1.4. Polipasto de dos rodillos. Siglo 700 A.C

El período 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. Eurípides (480- 406 a. C.).Arquímedes (287 – 212 a. C.) además de descubrir el tornillo sinfín, principio en el que se basan elevadores y transportadores utilizados hoy en día, desarrolló un dispositivo elevador que funcionaba con cables de cáñamo y poleas movidas por el hombre. Heron de Alejandría (s. I a.C.) dio un impulso importante a varias técnicas relacionadas con la elevación. En su obra *Mechanica*, además de la cuña, el tornillo y la rueda con un eje, describe la polea compuesta. Todos se basan en el mismo principio de la palanca: una pequeña fuerza que actúa desde una gran distancia se transforma en una gran fuerza que actúa desde una pequeña distancia.

Sin embargo, fueron los romanos los que sacaron un mayor partido a todas estas teorías griegas, logrando una realización técnica de gran rendimiento. Disponían de cuerdas suficientemente resistentes, incluso cordeles de alambre, que hacían que todos los procedimientos de elevación creados por sus precursores fueran llevados a la práctica con una mayor eficiencia .De esta forma, se sabe que en la Antigua Roma el ascensor era ya conocido, como lo demuestra la documentación hallada respecto a uno instalado en el Palacio de Nerón, o más tarde (80 d.C.), cuando el emperador Tito mandó instalar en el Coliseo doce grandes montacargas para elevar a los gladiadores.(Figura 1.3) Tras la caída del Imperio Romano los ascensores desaparecieron durante un largo período de tiempo.

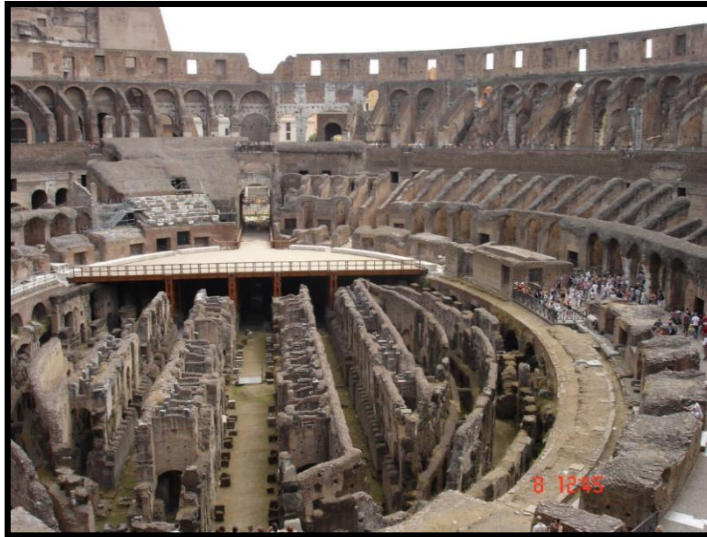


Figura 1.5. Coliseo. La arena se encontraba al nivel de la plataforma en madera. Debajo era donde conservaban fieras como leones, osos, los cuales se enfrentarían contra los gladiadores, subiendo a la arena por un sistema de ascensores.

La Edad Media fue parca prácticamente en cualquier disciplina humana, y por analogía, también en cuanto a técnicas y mecanismos de elevación se refiere. De esta forma las instalaciones de elevación conocidas apenas difieren de las antiguas. Hasta la llegada de Leonardo Da Vinci (1452-1519) no tenemos ningún avance referente a los elevadores. Construye una grúa móvil para facilitar las labores de construcción a la hora de elevar cargas pesadas. Esta grúa va montada sobre un vehículo y se gobierna mediante una manivela dotada de transmisión por ruedas dentadas. (Figura 1.6)

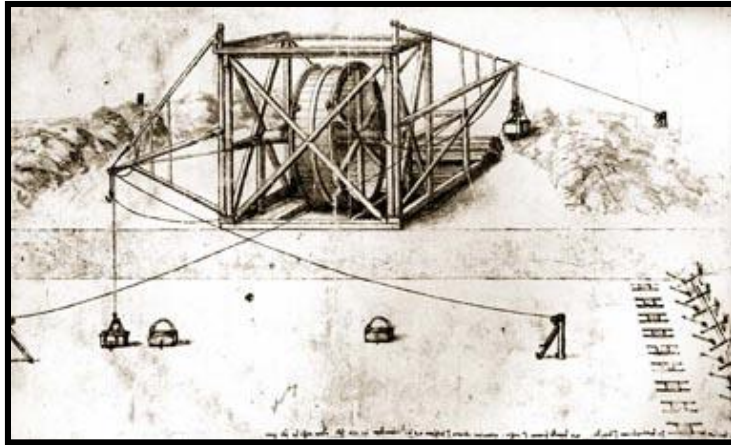


Figura 1.6. Grúa giratoria inventada por Leonardo montada sobre una plataforma de rodillos.

Georg Bauer (1490- 1565) trabajó como médico en los centros mineros de Sajonia y su obra *De re metallica*, del año 1556, constituye una guía exacta de los sistemas empleados durante la alta Edad Media en una industria altamente tradicional. En *De re metallica*, aparece el esquema de un aparato de elevación en una mina. Menciona el uso de ruedas dentadas y de cadenas movidas por caballos. No existen diferencias significativas respecto a períodos primitivos excepto en lo que se refiere a una vagoneta que debía correr por un surco.

El matemático Erhardt Weigel, en 1687, fue el inventor del primer ascensor funcional que él denominó silla de ascenso. Este aparato, semejante a una silla sobre la que se sienta la persona, va montado en un nicho construido en la pared sobre guías de unos 3 pies de longitud (0.91m) y accionado con un contrapeso. Es el propio pasajero el que acciona manualmente el mecanismo tirando de una palanca.

En 1780, Oliver Evans inventa en los Estados Unidos el elevador, un ascensor para el transporte continuo de cargas en molinos o en minas, para la descarga de buques o para llenar silos.

El principio fundamental de dicho invento lo constituye una cadena continua, de la que penden cangilones. En la parte inferior del dispositivo estos últimos pasan por la mercancía que hay que elevar, cargándola. En el punto superior, donde se modifica el sentido de la marcha, los cangilones se



vacían a consecuencia de la acción de la gravedad. A pesar de haber transcurrido un largo lapso desde la antigüedad no se registra ninguna novedad importante.

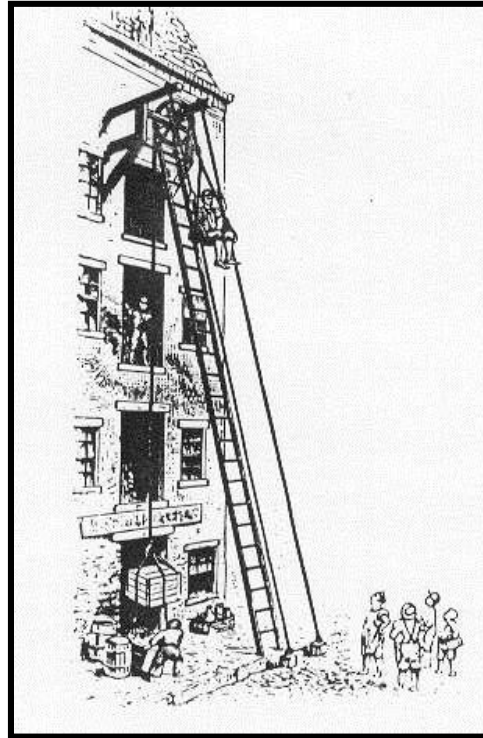


Figura 1.7. Siglo XVIII. Transporte vertical rudimentario, primera aparición de guías de contrapeso.

En 1835 se utilizó el ascensor movido por una máquina a vapor para levantar cargas en una fábrica de Inglaterra, en Derby. Se empezaron a usar para levantar cargas de gran tonelaje en las fábricas inglesas. Los periódicos hablaban con demasiada frecuencia de elevadores que se desplomaban, lo cual no contribuía demasiado a su popularización. Diez años más tarde, William Thompson diseñó el primer ascensor hidráulico, que utilizaba la presión del agua corriente.

Merece la pena mencionar el ascensor "Teagle" desarrollado en Inglaterra en 1845. Este elevador accionado hidráulico 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.

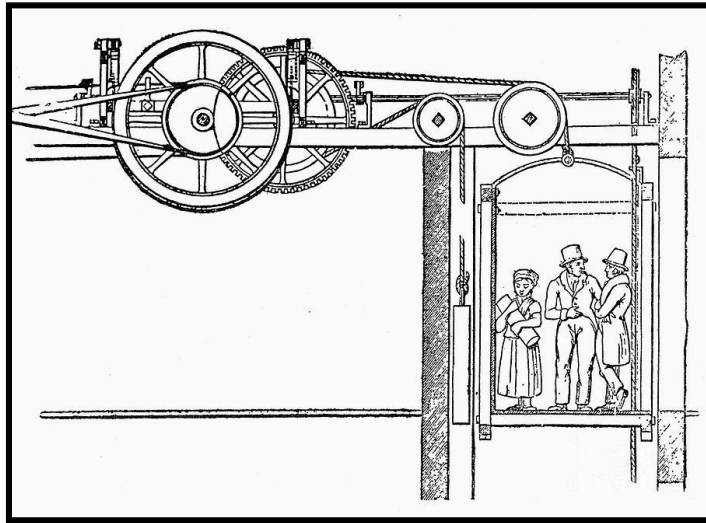


Figura 1.8. Ascensor "Teagle" (Inglaterra 1845).

1850 En EEUU: Primer montacargas movido a vapor, y primer sistema de rueda y tornillo sin fin.

En el año 1853, Elisha G. Otis construyó un montacargas dotado de un dispositivo de seguridad tal que al cortarse el cable de tracción, la cabina quedaba detenida. Su invento fue presentado en el año 1854 en la exposición Universal en el Palacio de Cristal de Nueva York y ganó la confianza del público al permitir que cortaran intencionalmente el cable del montacargas con el Sr. Otis en su interior. Es el principio del transporte de personas.





Figura 1.9. Exposición Universal (1854 Nueva York).

En 1857, Otis instaló el primer ascensor para pasajeros del mundo, en los grandes almacenes E. V. Haughwout & Co. en la ciudad de Nueva York, movido por una máquina de vapor a una velocidad de 0,2 m/segundo apto para 450 kilos, permitía ascender las 5 plantas del edificio.

El invento de Otis entra dentro de la revolución industrial, ya que a lo largo de los siglos la fuerza que ejercía el hombre y sus primitivas máquinas se ha ido modernizando hasta tal punto que el hombre no se tiene que preocupar de nada, todo lo realiza la máquina.

Se podría decir también que pertenece a la revolución de la comunicación, debido a que provoca un tremendo cambio en la forma de entender las ciudades. El ser humano pasa de vivir en ciudades que tenían edificios de dos plantas a construir rascacielos donde pueden convivir muchas más personas en menos espacio.

En 1867 el francés León Edoux presenta en la Exposición universal de París un aparato elevador que utilizaba la presión del agua para elevar una cabina 21 metros montada en el extremo de un pistón hidráulico. Inventa el ascensor hidráulico de acción indirecta, sistema que perfecciona y multiplica las posibilidades de velocidad y recorrido. 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. Lo bautiza como 'ascenseur'. 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.



Figura 1.10. Exposición Universal (1867 Paris).

En 1872, C. W. Baldwin, que trabajaba para la compañía Otis, inventó el elevador hidráulico de engranajes, los cuales retiraron de circulación a los de vapor. Los ascensores hidráulicos funcionaban gracias a la presión del agua que suministraban directamente las tuberías de la red de abastecimiento municipal, o mediante la fuerza de una bomba de agua instalada en un tanque de almacenamiento ubicado en lo alto del edificio. Otis comenzó a producir ascensores hidráulicos en 1874. Después de instalar este tipo de elevadores en unos cuantos edificios, las compañías

comenzaron a pagar sumas cada vez más sustanciales por las plantas de altura en detrimento de las bajas, las preferidas hasta entonces. Esto supuso un vuelco radical en las operaciones inmobiliarias. De pronto, las “cómodas” plantas bajas accesibles fácilmente por escaleras, comenzaron a ser vistas como demasiado ruidosas y polvorientas.

Un elevador de esta clase empleaba típicamente un motor hidráulico consistente en un pistón dentro de un cilindro. La cabina del ascensor se suspendía de cables. El motor hidráulico del ascensor se controlaba tirando de las cuerdas que pasaban a través de la cabina de pasajeros.

Una segunda variación del ascensor hidráulico consistía en una plataforma ubicada directamente sobre un pistón rígido. Esta variedad, que se puede apreciar en esta foto era más utilizada como montacargas. El problema de estos últimos era que el eje tenía que enterrarse en la tierra a una profundidad igual a la de la altura que debía alcanzar en su subida. Esto por supuesto limitaba mucho la altura máxima que podía conseguirse, aunque en 1902 Otis instalaba montacargas de esta clase en edificios de hasta 25 plantas.

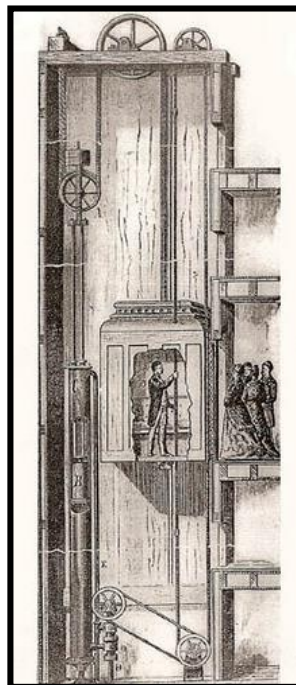


Figura 1.11. Ascensor Otis de 1881 de tipo hidráulico.

Hasta 1904, los elevadores hidráulicos fueron el sistema dominante en los edificios altos. No obstante, a finales de la década de 1880 comenzaron a instalarse los primeros ascensores eléctricos de engranajes, los cuales eran solo aptos para edificios de poca altura debido a su extremada lentitud. Este hecho, les impedía competir en igualdad de condiciones con los hidráulicos, y así fue hasta que llegó el cambio de siglo. En el año 1904, la empresa Otis Elevator Co. instaló sus primeras máquinas con tracción eléctrica sin engranajes, las cuales inmediatamente convirtieron a los hidráulicos en obsoletos. Estos ascensores, rápidos y con límites de altura muy elevados, revolucionaron la construcción de los rascacielos y permitieron la llegada en los años 20 de rascacielos de más de 100 plantas de altura como el mítico Empire State Building. Su funcionamiento era tan óptimo que en el año 1948 seguían siendo considerados el estándar.

En la actualidad la utilización de los ascensores hidráulicos está destinada a edificaciones no excesivamente altas (hasta 6 – 8 pisos), ya que para construcciones más altas son recomendables los de tipo eléctrico debido a que alcanzan mayores velocidades.

Así mismo, este tipo de mecanismos han ayudado en gran medida a salvar las distintas barreras arquitectónicas que el desarrollo de las grandes ciudades ha ido introduciendo en nuestra sociedad y que dificultan en gran medida la movilidad de aquellas personas con algún tipo de discapacidad. Aun así se sigue trabajando en este sentido, apoyándose en los avances tecnológicos, para mejorar el desarrollo normal del día a día de dichas personas.

Por tanto, nos encontramos ante uno de los inventos de los últimos siglos que ha servido para mejorar en gran medida la comodidad y desarrollo de las actividades en el día a día y que ha disminuido en gran medida el tiempo necesario para llegar a nuestros puestos de trabajo o a nuestros hogares dentro del entorno de las grandes ciudades en las que la gran mayoría de

las personas viven. Un descenso proporcional al del estrés en el que hoy en día nos movemos debido a la gran competitividad existente en casi todos los ámbitos profesionales y sociales en los que nos tenemos que desenvolver.

## 1.2. CONCEPTOS GENERALES

### 1.2.1 TIPOLOGIAS BASICAS

Se distinguen varias tipologías de ascensor según su principio de accionamiento, configuración general y aplicación.

- Ascensores eléctricos, con cuarto y sin cuarto de máquinas
  - 2 velocidades
  - Con variación de frecuencia
  - Sin reductor (gearless)
- Ascensores hidráulicos, con cuarto y sin cuarto de máquinas
  - suspensión 1:1
  - suspensión 2:1
  - pistón enterrado

### 1.2.2 DIFERENTES CLASIFICACIONES

| Diferentes clasificaciones de ascensores |   |
|--|---|
| Según el modo de accionamiento           | <p><b>Eléctricos:</b> También llamados electromecánicos. Accionados por un motor eléctrico unido a una polea de tracción que transfiere el movimiento a los cables que suspenden la cabina.</p> <p><b>Hidráulicos:</b> Impulsados por un grupo hidráulico que acciona un pistón unido a la cabina directamente o a través de cables metálicos.</p>  |
| Según el campo de utilización            | <p><b>De pasajeros:</b> Indicados para el transporte exclusivo de personas. Prevalecen los aspectos estéticos, ergonómicos, cinemáticos y de confort sobre la robustez.</p> <p><b>De carga acompañada por personas:</b> Similares en concepto a los anteriores, pero orientados al transporte de cargas por operarios dentro de la cabina. Prima la robustez y la capacidad de carga sobre los demás aspectos.</p> <p><b>Montacargas:</b> Destinados exclusivamente al transporte de mercancías. Deben ser rigurosamente inaccesibles a las personas y deben gobernarse desde el exterior.</p> <p><b>Montacamillas:</b> Utilizados en ambiente hospitalario para el transporte de camas y camillas con sus ocupantes y acompañantes. Las dimensiones de cabina y de paso libre de puertas están normalizados para permitir este uso.</p> <p><b>Montacoches:</b> Destinados al transporte de vehículos (generalmente de turismo) hasta los lugares de estacionamiento, así como de los conductores y pasajeros que viajan con ellos.</p> |
| Según la naturaleza del hueco            | <p><b>De hueco opaco (internos):</b> Con elementos no visibles desde el exterior. Constituidos por cerramientos de hueco y puertas de superficie llena.</p> <p><b>Panorámicos:</b> Con elementos interiores visibles desde el exterior. Prevalecen los criterios estéticos de diseño, puesto que constituyen un elemento arquitectónico de primer orden en el edificio. Pueden ser de fachada o de hueco de escalera. En ambos casos las paredes de cabina y las puertas son acristaladas total o parcialmente para permitir la visión de exterior. Cuando discurren por el hueco de escalera, las paredes del mismo son igualmente acristaladas.</p>   |

Figura 1.12. Diferentes clasificaciones de ascensores.

## **1.3. ASCENSOR ELECTRICO**

### **1.3.1 DEFINICION**

Un ascensor eléctrico es aquel que utiliza un motor eléctrico para producir los movimientos de subida y bajada llevados a cabo a través del sistema de tracción.

El sistema de tracción de la máquina del ascensor eléctrico se basa en la tracción por adherencia. Para ello se utilizan una serie de cables (o cintas) de acero los cuales unen a la cabina con el contrapeso de manera que tiene en un extremo anclado por la parte superior de la cabina pasando por una polea motriz y finalmente anclado al contrapeso que aparte de asegurar la tracción significa un ahorro de energía. Además de cabina, contrapeso, cables y polea un ascensor necesita más elementos para poder cumplir su funcionalidad básica: Una máquina tractora, unida a la polea para que realice el movimiento y la parada de la cabina. Cuadro de maniobra, sistema controlador que alimenta eléctricamente todo el sistema y gobierna la máquina interpretando las órdenes provenientes de la cabina y actuando según el caso. Hueco del ascensor, espacio que permite el desplazamiento de la cabina y contrapeso. Guías, por donde la cabina se va desplazando (deslizándose) que evita que su estabilidad no quede comprometida. Componentes de seguridad, elementos que salvaguardan la seguridad de las personas o de los elementos del entorno del propio ascensor (paracaídas, limitadores de velocidad, amortiguadores, dispositivos de enclavamiento de puertas, etc.).



1.3.2 VENTAJAS E INCONVENIENTES

| Ventajas   | Inconvenientes  |
|--|---|
| 1. Sin limitación de recorrido.                    | 1. Mayor desgaste en cables de tracción.              |
| 2. Mantenimiento más barato.                       | 2. Poca flexibilidad en su instalación y montaje.     |
| 3. Potencia instalada pequeña y rendimiento mayor. | 3. Estructura del edificio sobrecargada por la carga. |
| 4. Uso más extendido.                              |   |

Figura 1.13. Ventajas e inconvenientes de ascensor eléctrico.

1.3.3 PARTES DE UN ASCENSOR ELECTRICO

Las principales partes de un ascensor eléctrico son:



Figura 1.14. Partes de ascensor eléctrico.



### **1.3.4 TIPOS DE ASCENSORES ELECTRICOS**

#### **1.3.4.1 CLASIFICACION GENERAL**

##### **1.3.4.1.1 Por tipo de accionamiento**

Existen diferentes maneras de clasificar un ascensor eléctrico. La más habitual es la diferenciación basada en el tipo de accionamiento del motor con la polea de tracción:

1. Accionamiento directo: motor eléctrico acoplado directamente a la polea de tracción (gearless).
2. Accionamiento indirecto: motor eléctrico acoplado a la polea a través de un reductor (geared). El tipo de accionamiento está directamente relacionado con el tipo de motor utilizado, ya sea de corriente continua o de corriente alterna (inducción asíncrono de jaula o síncrono de imanes permanentes). En la actualidad, se impone en el mercado el desarrollo de motores de imanes permanentes. No llevan reductor, por lo que no existe desgaste y por lo tanto no exige mantenimiento. Además, tienen un tamaño reducido y alta eficiencia energética.

##### **1.3.4.1.2 Por tipología de la instalación**

Tenemos dos grupos:

1. Con cuarto de máquinas: El grupo tractor, cuadro de maniobra y los componentes de seguridad como el limitador se ubican en un recinto denominado cuarto o sala de máquinas, este espacio puede estar sobre la vertical del hueco del ascensor, debajo o en un lateral. Supone un impacto sensible sobre el edificio donde va ubicado ya que hay que reservar un espacio importante a la hora de su construcción.
2. Sin cuarto de máquinas: En este caso la máquina del ascensor va ubicada en el propio hueco del ascensor, generalmente en la parte superior pero también puede ir en algún caso en la parte inferior. El cuadro de maniobra se coloca en un armario generalmente en la última parada anexo

a la puerta de rellano. El aprovechamiento del hueco es mejor, es por este motivo que sea el más utilizado en la actualidad.

Además de un ahorro en costes de construcción, también facilita la instalación de ascensores en edificios existentes en donde el espacio es muy reducido y es imposible la instalación de un ascensor con cuarto de máquinas.

#### 1.3.4.1.3 Por tipo de suspensión

Existen dos tipos de suspensiones:

1. Directa: la velocidad lineal de la polea coincide con la de la cabina (1:1).
2. Diferencial: la velocidad de la cabina es dividida en un valor entero respecto a la de la polea (2:1, 3:1, 4:1).

Las ventajas de las suspensiones diferenciales son que permiten reducir la velocidad de la cabina. Divide (por el factor considerado), el par máximo de la máquina necesario y la carga sobre el eje y la potencia.

El principal inconveniente es que multiplica las cargas sobre la estructura.

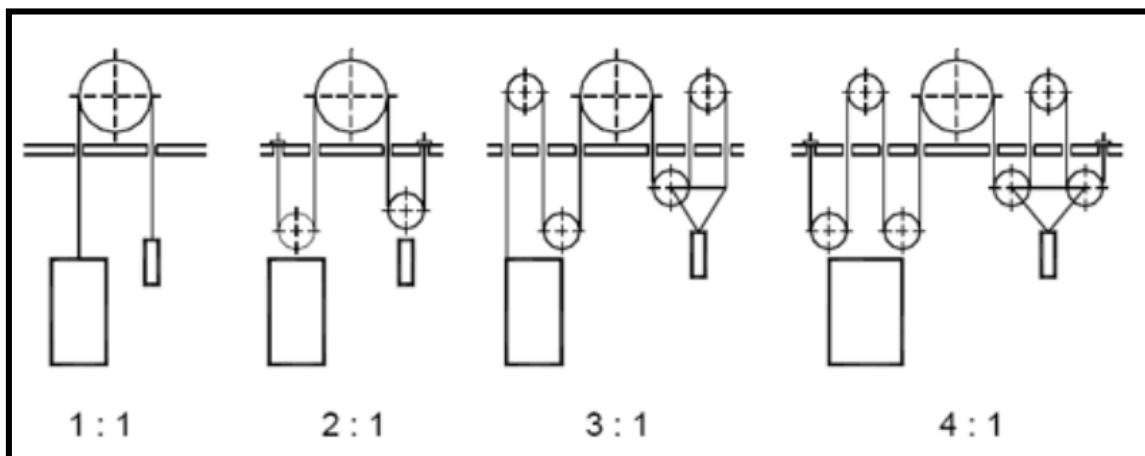


Figura 1.15. Representación de los tipos de suspensión.

## **1.4 ASCENSOR HIDRAULICO**

### **1.4.1 DEFINICION**

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. La máquina hidráulica está llena de aceite: cuando el ascensor sube, lo expulsa y cuando el ascensor baja, lo recoge.

La ventaja de este tipo de elevadores, es que no necesitan cuarto de máquinas arriba del hueco, ya que el grupo hidráulico se puede instalar abajo o donde sea más conveniente al proyecto, aunque se recomienda que esté instalado cerca del hueco del ascensor, para evitar posibles disminuciones de rendimiento. Este tipo de ascensor es recomendable para edificios con poca altura. Como no lleva contrapeso, es más sencillo de instalar en espacios pequeños. Lleva instaladas dos guías que se ubican laterales a la cabina, a un lado del hueco, por lo cual es denominado también ascensor de mochila.

Los ascensores hidráulicos fueron los primeros en la utilización para el transporte. La tendencia de construcción (edificios de elevada altura) ha desplazado su uso por los ascensores eléctricos.

Actualmente los ascensores hidráulicos han perfeccionado su técnica y las tendencias arquitectónicas han variado para obtener un mayor nivel de vida. Por eso los ascensores hidráulicos se utilizan en: Edificios de viviendas de 5 ó 6 pisos como máximo, o sea, una altura de 15 a 18 m.

Las velocidades de utilización son desde 0,2 m/s hasta 1 m/s.

## **1.4.2 TIPOS DE ASCENSORES HIDRAULICOS**

### **1.4.2.1 DE ACCION DIRECTA**

El ascensor hidráulico de acción directa es uno de los más seguros. Un cilindro hidráulico en el que se introduce la camisa en su totalidad en el foso del hueco del ascensor y el vástago que se desplaza por el interior de la camisa se ensambla a la cabina. El cilindro es de la misma longitud que la altura a elevar. Conforme se bombea aceite de la central hidráulica el cilindro eleva la cabina hasta la altura deseada.

Para descender se actúa sobre la válvula y por el peso de la cabina el cilindro desciende. Todas estas operaciones son dirigidas desde el interior de la cabina. Estos ascensores sólo resultan prácticos en edificios de poca altura, debido a la necesidad de tener un tubo que penetre en el suelo hasta una profundidad igual a la altura del edificio. Además, las velocidades no son comparables con los ascensores eléctricos.

En cambio son muy seguros porque no pueden caer en caída libre, pues aunque el tubo reventara, el aceite no saldría de forma rápida.

Existen diferentes alternativas de ascensores de acción directa en función de la forma o posición de los cilindros, destacando las siguientes configuraciones:

1. Directo central con cilindro enterrado en el foso.
2. Directo lateral con el cilindro sobre el foso.
3. Doble directo lateral con cilindro sobre el foso.
4. Cilindro telescópico, enterrado o sobre el foso.

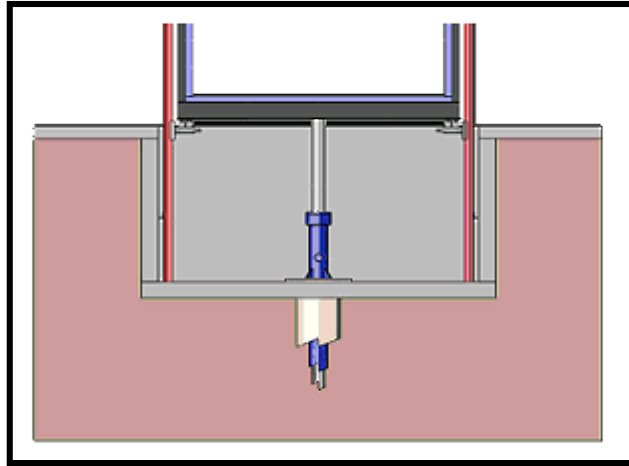


Figura 1.16. Representación pistón telescópico enterrado.

#### 1.4.2.2 DE ACCION INDIRECTA

Estos ascensores se instalan en recorridos de más de 4 metros. Este tipo de instalación no necesita tener foso ya que el pistón se instala en un lateral del hueco. Este tipo de elevadores hidráulicos están recomendados si se instalan para varias paradas de pisos.

La cabina se impulsa por un sistema émbolo-cilindro a través de forma indirecta, utilizando para ello cables de suspensión similares a los de los ascensores eléctricos.

El recorrido de la cabina y su velocidad será el doble que el de la polea solidaria al émbolo impulsor.

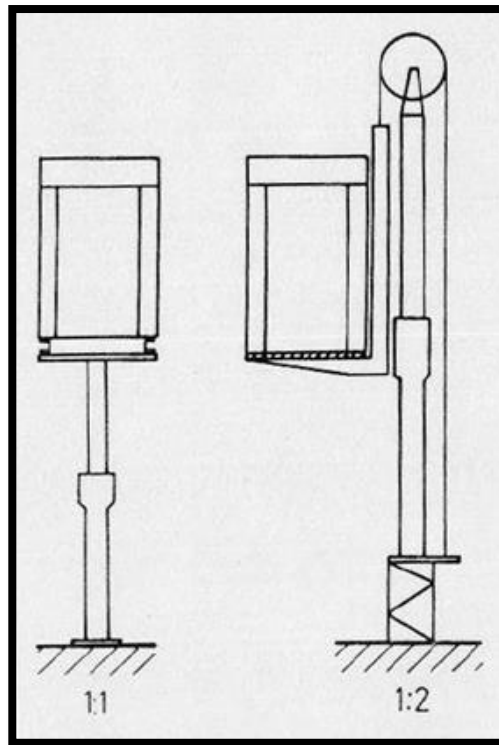


Figura 1.17. Diferencia entre suspensión directa (1:1) e indirecta (2:1).

### 1.4.3 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS ASCENSORES HIDRAULICOS

Ventajas de utilizar ascensores hidráulicos frente a los ascensores de tracción:

- \* Los ascensores hidráulicos aportan gran seguridad. En caso de alguna avería en el grupo impulsor o rotura de las tuberías, una simple válvula a la entrada del cilindro regula la salida del aceite para que la cabina descienda suavemente.
- \* Una batería es suficiente para alimentar un sistema de descenso de emergencia. Debido a que los ascensores hidráulicos descienden por la gravedad a motor parado, con la simple apertura de una electroválvula de poco consumo pueden prevenirse encierros de pasajeros debido a fallos en el suministro eléctrico.
- \* En un ascensor hidráulico se consiguen arranques y paradas muy suaves.
- \* La nivelación de los ascensores hidráulicos es muy precisa. Se suelen utilizar también para la carga y descarga, por ejemplo, de vehículos.

- \* Como todo el sistema funciona a baño de aceite, el desgaste es mínimo y su rendimiento superior al de los ascensores eléctricos en más de un 10%.
- \* Los ascensores hidráulicos no necesitan en la parte superior del edificio ninguna instalación para el cuarto de máquinas, que junto al grupo impulsor, puede estar a cualquier nivel del edificio y no necesariamente inmediato al hueco.
- \* La utilización del espacio del hueco es optimizada, pues los ascensores hidráulicos no llevan contrapeso.
- \* La carga de elevación se transmite directamente a los cimientos del edificio sin sobrecargar su estructura.

#### Inconvenientes

Su mayor inconveniente es su mayor coste respecto al ascensor eléctrico de las mismas prestaciones. A igualdad de prestaciones con un ascensor eléctrico, la potencia a instalar es más elevada ya que el ascensor hidráulico no incorpora contrapeso.

## 1.5. COMPONENTES DE UN ASCENSOR

### 1.5.1 CHASIS DE CABINA Y CONTRAPESO

#### 1.5.1.1 CHASIS, DEFINICION

Chasis es la estructura del ascensor que soporta la cabina o el contrapeso si procede, en él se fijan los elementos de sustentación.

Transmite el movimiento de los cables o cilindros a la cabina y su función principal es la de soportar todos los esfuerzos que se originan durante el funcionamiento del ascensor.

Existen diferentes tipos de chasis:

1. Cabina Pórtico: consiste en un marco vertical rodeando la cabina.
2. Cabina Mochila: consiste en una estructura en L apoyando en la base la cabina.
3. Contrapeso: Destinado a transportar las pesas que ejercen el contrapesado en los ascensores eléctricos.

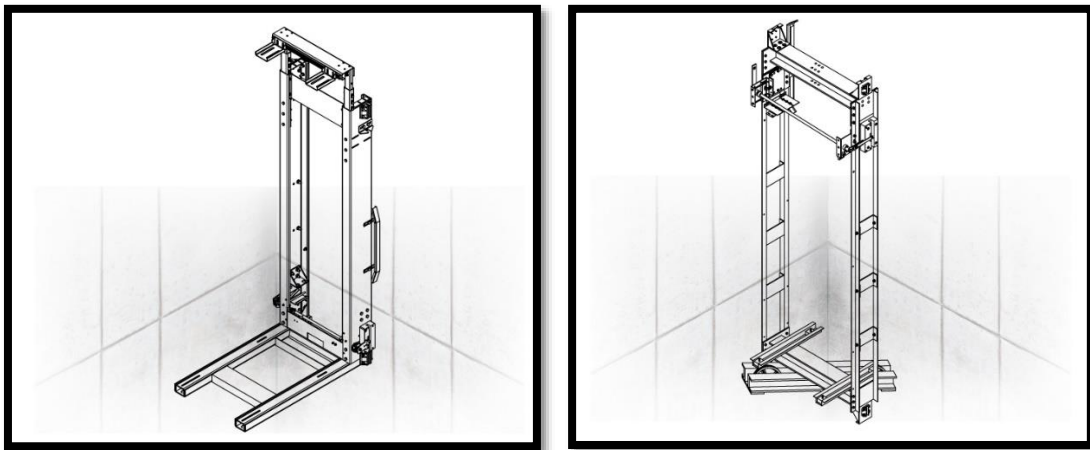


Figura 1.18. Comparativa entre chasis mochila y pórtico.



### 1.5.1.2 CONSTRUCCION DEL CHASIS

El chasis generalmente es de acero estructural, ya que se trata del elemento resistente del ascensor.

Debe ser sólido y diseñado con un coeficiente de seguridad mínimo de 5, para resistir las cargas normales de utilización e incluso las esporádicas, como el funcionamiento de paracaídas (acuñamiento brusco) o el impacto con los amortiguadores.

No se permite la utilización de fundiciones en los elementos que están sometidos a tracción, y las uniones entre las piezas que lo componen o los elementos de interacción deben realizarse mediante remaches o tornillos, con arandelas de seguridad o pasadores. También se pueden realizar uniones soldadas, comprobando mediante cálculos o ensayos su correcto funcionamiento.

La tendencia en el diseño de chasis es la de utilizar nuevos materiales para aligerar la estructura, por lo que se utilizan aceros de alta resistencia o materiales plásticos reforzados con fibras o paneles sándwich.

### 1.5.1.3 ELEMENTOS A INSTALAR EN CHASIS DE CABINA

Los elementos que se instalan en el chasis de la cabina son:

1. Punto de sustentación mediante terminales de cable, poleas de reenvío o hidráulico.
2. Punto de enganche del cable del limitador de velocidad. El cable del limitador debe viajar a la misma velocidad que la cabina, por lo cual se realiza una unión rígida con el chasis.
3. Timonearía de actuación del paracaídas. Debe ser un sistema puramente mecánico, que active el paracaídas en el momento de bloquearse el cable del limitador de velocidad.
4. Paracaídas. Sistema de seguridad mecánico que bloquea el chasis (cabina o contrapeso) sobre las guías; en caso de sobrevelocidad o rotura de los sistemas de sustentación, deben estar preferentemente colocados en la parte inferior del chasis.

Otros componentes que se colocan en el chasis de cabina son:

1. Zona de actuación de amortiguadores. Es la zona donde colisionan los amortiguadores en caso de caída libre.
2. Sistema de pesacargas de cabina. Es el sistema que determina la carga de la cabina. Consiste en interponer entre el chasis y la cabina un componente que identifique el peso a transportar por el ascensor.
3. Deslizaderas o rodaderas. Son las encargadas de conducir el chasis por las guías del ascensor.
4. Sujeción cadena de compensación. Para instalaciones de gran altura, más de 50 m, se coloca una cadena o cables para compensar el peso de los cables de sustentación.
5. Sujeción manguera de maniobra. Es el cable el cual alimenta y comunica la cabina con el cuadro exterior del ascensor.
6. Detectores de posición. Son los encargados de determinar la posición de las paradas del ascensor.

## **1.5.2 CABINA**

### **1.5.2.1 CABINA, DEFINICION**

Cabina, caja o camarín: habitáculo cerrado que aloja y transporta a los pasajeros y carga. Está unido al chasis. Contiene los sistemas de comunicación entre el usuario y la máquina (ascensor).

Es un elemento con alto valor estético ya que es la imagen que percibe el usuario final.

Los diferentes tipos de cabinas en función de su utilidad son los siguientes:

1. Pasajeros. Cabina destinada al transporte de personas, utilizada en edificios residenciales, edificios de oficinas, hoteles, hospitales...es la más común y utilizada.
2. Panorámica. Como la anterior es una cabina destinada al transporte de personas, es utilizada con fines arquitectónicos, al menos una de sus

paredes debe ser de cristal, de esta forma el usuario puede ver el exterior.



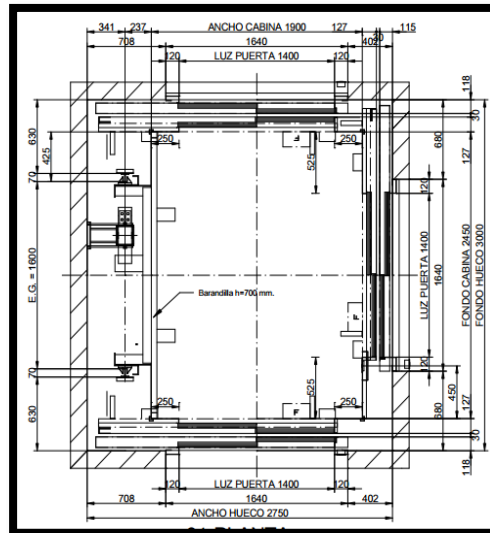
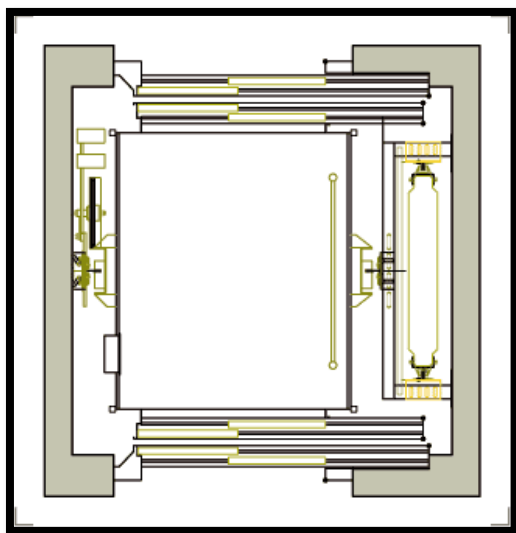
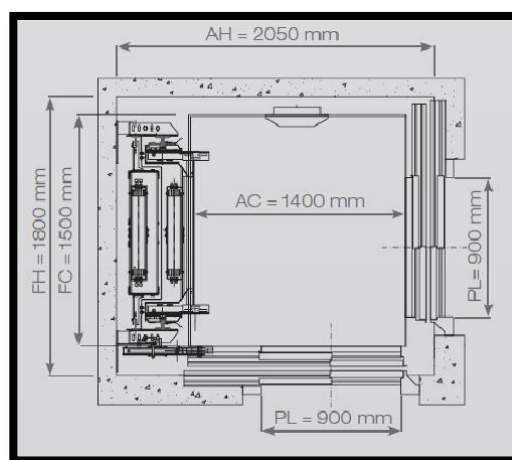
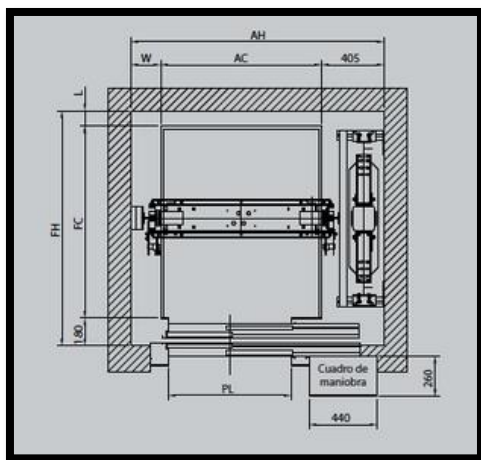
Figura 1.19. Cabina panorámica y pasajeros de la marca MP.

3. Montacargas. Especiales para el transporte de carga y personas. Son más robustas y duraderas, son capaces de soportar la entrada de carga a través de carretillas elevadoras.
4. Montacamas. De dimensiones especiales para el transporte de camas en hospitales, camas más acompañante o camas más acompañante y equipo quirúrgico.
5. Montaplatos. Montacargas de reducidas dimensiones para artículos domésticos.
6. Montacoches. De grandes dimensiones capaces de transportar en su interior un vehículo automóvil con sus acompañantes, estos deben permanecer siempre en el vehículo durante todo el trayecto.

### 1.5.2.2 DISTRIBUCION DE ACCESOS

En función de la distribución de los accesos se distinguen diferentes tipos de cabinas:

- \* De 1 embarque, tiene una única puerta de entrada y salida.
- \* De 2 embarques a 180°, tiene dos puertas enfrentadas.
- \* De 2 embarques a 90°/270°, tiene dos puertas una al lateral de la otra.
- \* De 3 embarques, a 90°, 180° y 270°.



Figuras 1.20, 1.21, 1.22 y 1.23. Distribución de accesos, simple, doble embarque 90°, doble embarque 180° y triple embarque.

### 1.5.2.3 COMPONENTES Y DIMENSIONES

La cabina está formada por paredes verticales donde se colocan las puertas, un suelo y un techo. Salvo las aberturas para ventilación, este conjunto debe formar una superficie continua según se especifica en el punto 8.3.1 de la norma UNE EN 81-1.

Las dimensiones de la superficie de la cabina son fijadas por la normativa correspondiente en función de la carga.

| Carga nominal (masa)<br>kg | Superficie útil máxima<br>de cabina<br>m <sup>2</sup> | Carga nominal (masa)<br>kg | Superficie útil máxima<br>de cabina<br>m <sup>2</sup> |
|----------------------------|---|----------------------------|---|
| 100 <sup>1)</sup>          | 0,37  | 900                        | 2,20  |
| 180 <sup>2)</sup>          | 0,58  | 975                        | 2,35  |
| 225                        | 0,70  | 1 000                      | 2,40  |
| 300                        | 0,90  | 1 050                      | 2,50  |
| 375                        | 1,10  | 1 125                      | 2,65  |
| 400                        | 1,17  | 1 200                      | 2,80  |
| 450                        | 1,30  | 1 250                      | 2,90  |
| 525                        | 1,45  | 1 275                      | 2,95  |
| 600                        | 1,60  | 1 350                      | 3,10  |
| 630                        | 1,66  | 1 425                      | 3,25  |
| 675                        | 1,75  | 1 500                      | 3,40  |
| 750                        | 1,90  | 1 600                      | 3,56  |
| 800                        | 2,00  | 2 000                      | 4,20  |
| 825                        | 2,05  | 2 500 <sup>3)</sup>        | 5,00  |

1) Mínimo para un ascensor de una persona.  
2) Mínimo para un ascensor de dos personas.  
3) Por encima de 2 500 kg añadir 0,16 m<sup>2</sup> por cada 100 kg más.  
Para cargas intermedias se determina la superficie por interpolación lineal.

| Número de pasajeros | Superficie útil mínima<br>de cabina<br>m <sup>2</sup> | Número de pasajeros | Superficie útil mínima<br>de cabina<br>m <sup>2</sup> |
|---------------------|---|---------------------|---|
| 1                   | 0,28  | 11                  | 1,87  |
| 2                   | 0,49  | 12                  | 2,01  |
| 3                   | 0,60  | 13                  | 2,15  |
| 4                   | 0,79  | 14                  | 2,29  |
| 5                   | 0,98  | 15                  | 2,43  |
| 6                   | 1,17  | 16                  | 2,57  |
| 7                   | 1,31  | 17                  | 2,71  |
| 8                   | 1,45  | 18                  | 2,85  |
| 9                   | 1,59  | 19                  | 2,99  |
| 10                  | 1,73  | 20                  | 3,13  |

Por encima de 20 pasajeros se añaden 0,115 m<sup>2</sup> por cada pasajero más.

Tablas 1.1 y 1.2. Tablas de carga que regulan la proporción entre el número de pasajeros y las dimensiones de cabina.

Para evitar que puedan embarcar un número de pasajeros superior a los que permite la carga del ascensor, se establece una relación entre la superficie de la cabina y el número de pasajeros. Se considera 75 kg el peso de una persona.

#### 1.5.2.4 ELEMENTOS EN CABINA

Los principales elementos que se colocan en la cabina son:

##### 1. En suelo de cabina:

- Limitadores de carga, colocado bajo el suelo, es el sistema de pesaje de la carga del ascensor, una vez sobrepasado el valor tarado impide el desplazamiento del ascensor.

- Faldón de seguridad o salvapiés, sistema de protección vertical de la parte inferior de cabina. Es un sistema de seguridad que impide la caída (en las operaciones de rescate de pasajeros) al hueco cuando el ascensor no esté nivelado con el rellano.

##### 2. En techo de cabina:

- Trampillas de acceso: utilizadas en maniobras de socorro o evacuación de pasajeros. También utilizadas para mantenimiento en ascensores sin cuarto de máquinas eléctricos.

- Iluminación: según normativa el ascensor debe tener una iluminación mínima de 50 lux a la altura del suelo y en la zona de la botonera.

- Barandilla de seguridad: en aquellos casos en los que la distancia entre la pared del hueco y el techo de cabina supere los 300mm para evitar caídas al hueco en labores de mantenimiento.

##### 3. Otros elementos de cabina

- Pasamanos: Barandilla en el interior del ascensor según la normativa EN 81-1/2

-Rodapiés o zócalos para proteger la zona inferior de la cabina. En ocasiones se utilizan para proporcionar a la cabina una ventilación suficiente.

-Botonera: Sistema de mando y comunicación entre el pasajero y el ascensor. Se compone de los botones de selección de piso, apertura y cierre de puertas, botón de alarma, botón de comunicación con el exterior. También incluye una placa identificativa del ascensor indicando la carga del ascensor, número de pasajeros y fabricante o instalador del ascensor.

### **1.5.3 MAQUINA-GRUPO TRACTOR**

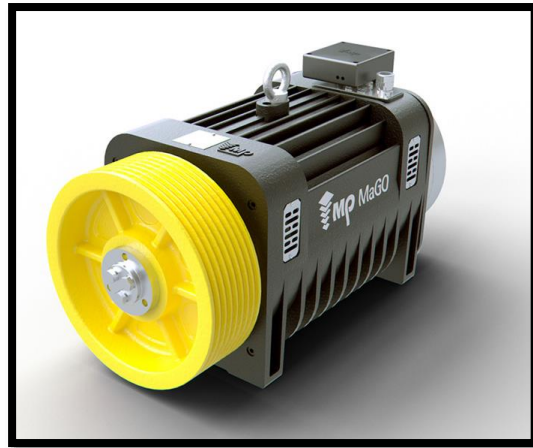
#### **1.5.3.1 INTRODUCCION**

En los ascensores eléctricos, la máquina o grupo tractor se compone principalmente de dos elementos:

1. Reductor (en caso de necesitarlo).
2. Motor.

La clasificación de las máquinas dependerá principalmente del tipo de motor utilizado y el control de velocidad aplicado. De lo anterior se deriva a máquinas con reductor (geared) o sin reductor (gearless).

La tendencia es la de conformar motores cada vez más reducidos (sin reductor) y aumentando la seguridad, desempeño, confort y eficiencia energética.



Figuras 1.24 y 1.25. Máquina con reductor y máquina sin reductor (Gearless).

#### 1.5.3.2 REDUCTOR

El reductor es un elemento mecánico que adapta el movimiento de un motor a una velocidad determinada. Reduce la velocidad de los motores que no sirven como accionamientos directos para bajas velocidades.

Normalmente, el emplazamiento se realiza entre el freno y la polea tractora. En la actualidad, el avance de las técnicas de control y consolidación en el mercado de las máquinas provistas de motores de imanes permanentes ha incrementado notablemente el número de máquinas sin reductor (gearless).

El reductor sinfín-corona es casi exclusivamente el único tipo de reductor que se utiliza en el elevador en los ascensores ya que es compacto, resistente al impacto, tiene una transmisión silenciosa y, al poseer pocas piezas, exige menos mantenimiento.

Un problema de los reductores sinfín-corona es el bajo rendimiento, por lo que es un elemento en donde se produce una pérdida energética considerable.



### 1.5.3.3 MOTOR

El motor eléctrico es una de las piezas básicas del ascensor de tracción y permite cumplir con el cometido básico por el cual está concebido, subir y bajar.

Transforma la energía eléctrica en energía mecánica, efectúa las funciones de tracción del cable, dando lugar a los movimientos de elevación. Este cable pasa por una polea que puede ir conectada directamente al motor ("gearless traction machines") o bien mediante un elemento reductor ("geared traction machines").

En la actualidad se barajan principalmente dos modelos: los motores de corriente alterna de inducción y los de imanes permanentes. Hace unos años, los motores de corriente disponían de un protagonismo que fueron perdiéndolo en favor de los motores de inducción, coincidiendo con los avances en las técnicas de control. No obstante, todavía siguen funcionando antiguos motores de corriente continua y por lo que no se plantea su sustitución.

## 1.5.4 SISTEMA HIDRAULICO

### 1.5.4.1 INTRODUCCION

El funcionamiento básico de cualquier sistema hidráulico es simple:

La presión que se aplica en un punto determinado se transmite con la misma intensidad a cada punto del mismo mediante un fluido incompresible (por ejemplo aceite o agua).

### 1.5.4.2 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA HIDRAULICO

Los componentes básicos de un equipo hidráulico en un ascensor son:

1. Central hidráulica: Formado por el conjunto motor-bomba y el depósito, donde se almacena el aceite necesario para que el sistema hidráulico funcione.
2. Grupo de válvulas: Instalado en la parte exterior de la central, es el cerebro de las operaciones (juntamente con el cuadro eléctrico) y regula el caudal, el ascenso y descenso, el cambio de velocidad, etc.
3. Conducción: Une el grupo de válvulas y el pistón. Puede ser rígida o flexible, dependiendo de las características de la instalación.
4. Pistón: Cilindro vertical constituido por un vástago (elemento interior sometido a un movimiento vertical), un cilindro exterior y una camisa (espacio entre el vástago y la parte interior del cilindro) que, al llenarse de aceite, presiona el vástago hacia arriba y este provoca un movimiento ascendente moviendo la cabina hacia arriba. Dependiendo de la instalación el pistón puede ser de tracción directa o indirecta.
5. Fluido: Elemento que transmite la energía de la bomba al pistón. Es recomendable usar aceites sintéticos, ecológicos o minerales, y con un punto de inflamación muy alto.

### **1.5.5 HUECO**

#### **1.5.5.1 INTRODUCCION**

El hueco del ascensor es el recinto, exclusivamente destinado al desplazamiento de la cabina del ascensor y el contrapeso (si existe). Sin que pueda ser utilizado para ninguna otra instalación ajena al ascensor, como conductores eléctricos, tubería de agua, etc.

Este espacio queda materialmente delimitado por los cerramientos laterales del recinto, por el foso y por el techo.

El contrapeso no puede estar en un recinto separado al de la cabina.

El hueco del ascensor está compuesto por:

- Puertas de acceso.
- Sistema de guiado compuesto por guías metálicas de cabina y contrapeso.

- Amortiguadores, situados en el extremo inferior de cabina así como en el contrapeso.
- Cuerdas de maniobra eléctrica
- Iluminación del hueco

Las paredes de los recintos, deben estar fabricadas con materiales que no originen polvo y con la suficiente resistencia para soportar las reacciones de las guías ancladas en ellas.

Respecto a la vista lateral o alzado, el hueco del ascensor se divide en tres partes principales:

- Foso: Parte inferior del recinto, situada por debajo del nivel de la primera parada.
- Huida: parte superior del recinto que queda entre la zona del techo de la cabina y del techo del hueco cuando la cabina está en la planta más alta.
- Recorrido: parte intermedia del recinto, es la distancia entre primera parada y última.

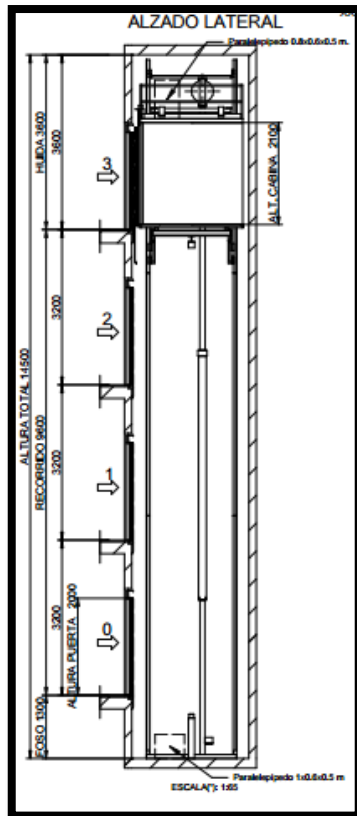


Figura 1.26. Vista de alzado del hueco del ascensor.

## 1.5.6 SISTEMA DE GUIADO

### 1.5.6.1 INTRODUCCION

El sistema de guiado de un ascensor (tanto de cabina como de contrapeso) está formado por:

Guías: los elementos estructurales que están sujetos al hueco del ascensor, su función es conducir la cabina y el contrapeso en su trayectoria exacta.

También sirven de apoyos en caso de rotura de los cables.

Apoyos sobre las guías: los elementos que sirven de enlace entre el elemento móvil (cabina y/o contrapeso) y la guía.

El desplazamiento de la cabina se asegura por medio de guías rígidas, preferiblemente en forma de T, y perfectamente calibradas y enderezadas en tramos empalmados con placas adecuadas.

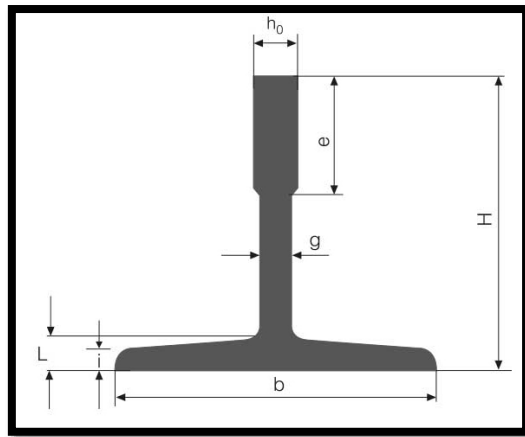


Figura 1.27. Guía en forma de T

#### 1.5.6.2 DISPOSICIONES GENERALES RELATIVAS A LAS GUIAS

La resistencia de las guías, sus uniones y sus fijaciones deben ser suficientes para soportar las cargas y fuerzas a las que se someten, asegurando un funcionamiento seguro del ascensor:

- \*Debe asegurarse el guiado de la cabina y del contrapeso.
- \*Las deformaciones deben limitarse hasta el punto de:
  - No debe ocurrir un desbloqueo involuntario de las puertas.
  - No debe afectar al funcionamiento de los dispositivos de seguridad.
  - No debe ser posible que unas partes móviles puedan colisionar con otras.

#### 1.5.6.3 FIJACIONES Y UNIONES DE GUIAS

Se utilizan diferentes sistemas de fijación para sujetar las guías a la estructura del hueco que se denominan "soportes".

Las guías son fijadas a dichos soportes mediante diferentes modelos de "bridas".

Las guías son unidas entre sí mediante "placas de unión", según el tipo de placa se consigue una mayor rigidez en las zonas de empalme.

#### 1.5.6.4 APOYOS SOBRE LAS GUIAS

Tanto la cabina como el contrapeso deben ir equipados en su parte superior e inferior de unos apoyos cuya función es servir de enlace entre el elemento móvil, cabina o contrapeso y la guía. Existen dos tipos:

1. Apoyos deslizantes "deslizaderas": Para ascensores con velocidad inferior a 2m/s. Los apoyos son de metal, y poseen en la superficie de contacto con la guía un material de bajo coeficiente de fricción. Es necesario tener las guías lubricadas, por ello, la mayoría de los ascensores llevan instalados unos depósitos con lubricante que se va depositando en las guías a través de unas mechas.
2. Apoyos mediante rodillos "rodaderas": Se utilizan en ascensores de alta velocidad y también cada vez más en los de velocidades bajas por su silenciosa marcha y la mayor eficiencia de la rodadura frente al deslizamiento en términos de rozamiento. Con estos sistemas las guías no necesitan lubricación.



Figuras 1.28 y 1.29. Rozadera frente a rodadera.

## 1.5.7 CABLES

### 1.5.7.1 INTRODUCCION

Las cabinas y contrapesos están suspendidos siempre por cables de acero. Un cable metálico es un elemento constituido por alambres agrupados formando cordones, que se enrollan sobre un alma formando un conjunto apto para resistir esfuerzos de extensión.

Un cable está compuesto por:

\*Alambre: filamento de acero trefilado al horno. Carga de rotura a tracción entre 1200-200 Mpa.

\*Almas: núcleos en torno a los que se enrollan los alambres (metálicos o textiles).

\*Cordones: estructuras más simples que se pueden construir con alambres y almas, trenzando los alambres (sobre un alma o sin ella).

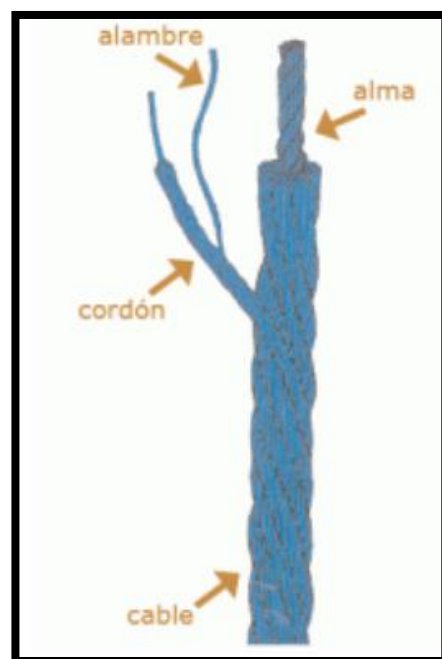


Figura 1.30. Elementos de un cable.

### 1.5.7.2 CORDONES

Según su fabricación los cordones pueden ser:

1. De alambres de igual diámetro:

Seale: Las dos últimas capas llevan el mismo número de hilos.

Warrington: La última capa lleva hilos de diámetros diferentes.

Filler-Wire: Con hilos más finos para rellenar huecos.

Tiene más sección metálica y más resistencia al aplastamiento.

2. De alambres de diferente diámetro.

3. De alambres de forma especial.

4. De forma no circular.

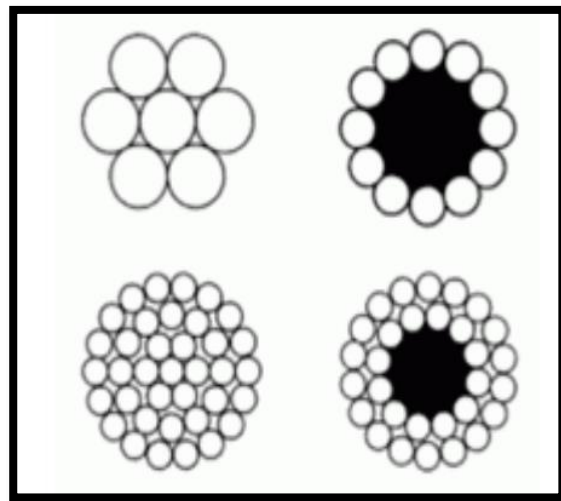


Figura 1.31. Diferentes tipos de cordones

### 1.5.7.3 CABLES

Los cables pueden ser:

1. Monocordes o espiroidales (1 solo cordón)

2. De cordones (varios cordones).

3. Varios cables (cables de cabos). El número de cordones oscila entre 3 y 8. El más común es el de 6.



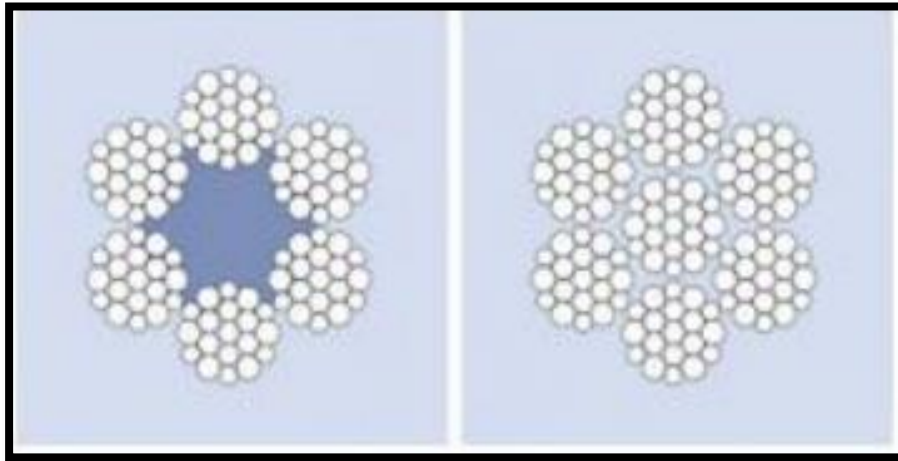


Figura 1.32. Diferentes tipos de cables.

## **1.5.8 PUERTAS**

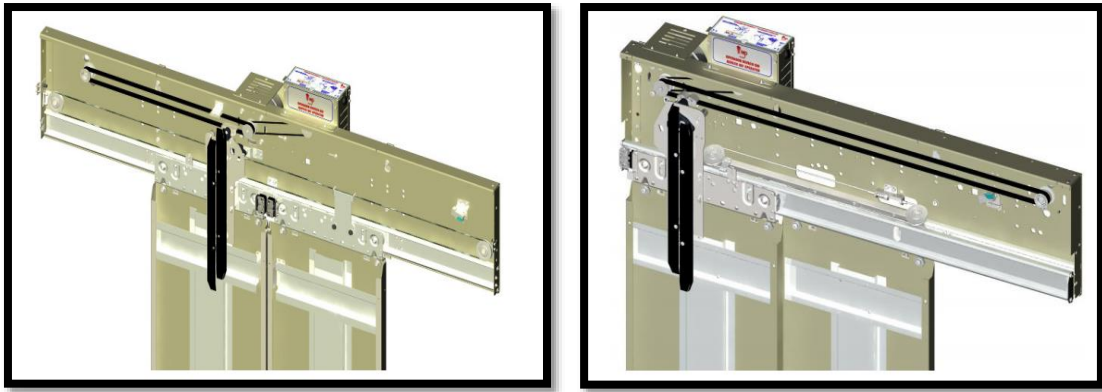
### **1.5.8.1 INTRODUCCION**

En un ascensor por definición tenemos varios tipos de puertas, las puertas de cabina, puertas de rellano o piso, puertas del armario de maniobra o puerta del cuarto de máquinas.

### **1.5.8.2 PUERTAS DE CABINA**

Constituyen el medio de acceso a la cabina y están ligadas mecánicamente a ella. Las puertas de cabina son siempre automáticas, existen varios tipos:

- Puertas telescópicas. Las hojas se deslizan desde una jamba hasta la opuesta. Estas pueden ser de 2,3 y 4 hojas
- Puertas centrales. Las hojas se deslizan desde el centro hacia ambas jambas. Pueden ser de 2, 4, 6, 8 y hasta 10 hojas.
- Puertas tipo bus. Las hojas se repliegan en acordeón bien hacia una hacia ambos lados de la pared de cabina.



Figuras 1.33 y 1.34. Puerta de cabina central de 2 hojas frente a telescópica de dos hojas.

El movimiento a las puertas posteriormente se transmite mediante un sistema de poleas y cables de arrastre o bien mediante un sistema de brazo motriz. Este último tipo de operador se denomina “operador de brazo”.

El motor que se utiliza en los operadores suele ser de corriente continua (DC) o de corriente alterna (AC) tanto monofásicos como trifásicos, dependiendo de la aplicación y de las prestaciones necesarias.

El operador va sujeto a la propia cabina, en su zona superior.

Los operadores poseen un “patín” cuya función es mover la puerta de rellano solidaria a las de cabinadurante las aperturas y cierres.

#### 1.5.8.3 PUERTAS DE RELLANO

Son los accesos a la cabina desde los rellanos estando completamente ligadas al cerramiento del hueco generalmente de obra.

Estas pueden ser automáticas de tipo central o telescópico, también pueden ser semiautomáticas en combinación con las puertas Bus de cabina.

El funcionamiento de las puertas de rellano está subordinado al de las puertas de cabina de dos formas distintas:

1. Accionando (desactivando) el enclavamiento (cerradura) de seguridad y arrastrando las hojas mediante un patín, en el caso de las puertas automáticas.

2. Accionando el enclavamiento y permitiendo al usuario abrir manualmente la puerta, en el caso de las puertas batientes o semiautomáticas.

El uso de puertas automáticas de rellano permite el uso del ascensor por personas con discapacidades y mejora la capacidad de tráfico reduciendo tiempos.

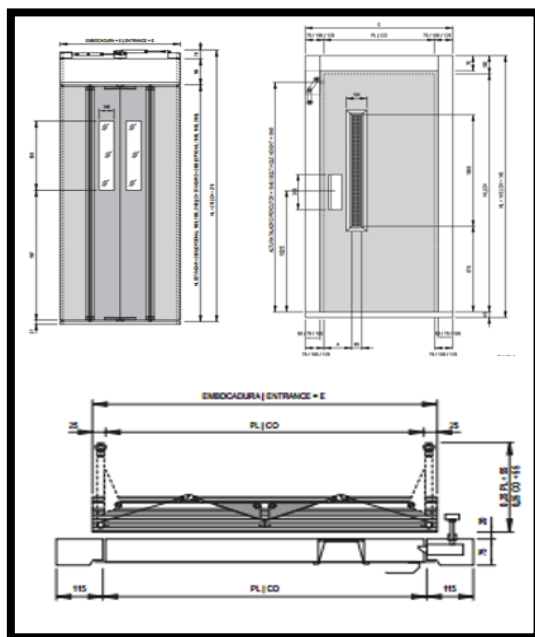


Figura 1.35. Puerta de cabina Bus en combinación con puerta de rellano semiautomática

#### 1.5.8.4 CELULAS FOTOELECTRICAS O FOTOCELULAS

Son unos dispositivos electrónicos de seguridad que detectan la presencia de objetos en la zona de cierre de puertas impidiendo que se cierren las puertas de cabina.

Estas células se utilizan como interruptores. Colocadas en un circuito, conducen cuando se iluminan y lo bloquean cuando no incide en ellas la luz. En combinación con relés forman parte de muchos mecanismos automáticos. En la puerta de un ascensor un rayo incide sobre una célula fotoeléctrica situada al otro lado. Cuando se interrumpe el rayo

la célula no conduce y el relé conectado a ella conmuta de posición volviendo a la antigua conexión.

También se utilizan fotocélulas de tipo cortina, ya que esta forma se controla toda la zona del cierre de puertas en altura y evita un mayor número de accidentes por el cierre de puertas que las fotocélulas de un punto.

### **1.5.9 CUADRO DE MANIOBRA**

#### **1.5.9.1 DEFINICION**

El cuadro de maniobra es el cerebro del ascensor, y por tanto, responsable del funcionamiento propiamente dicho del elevador y de los sistemas de seguridad.

Los equipos de maniobra se instalan en armarios de acero, con puerta frontal giratoria y su acceso está restringido a personal cualificado. Deberá tener la suficiente ventilación (ventilación forzada y no forzada) para evitar sobrecalentamientos.

El cuadro de mando consta de dos partes:

1. Una etapa de potencia (térmicos, contactores, relés, rectificadores, transformadores de aislamiento, detectores de fase, etc.).
2. Otra de mando, control y señalización.

#### **1.5.9.2 FUNCIONES**

Las funciones básicas del cuadro de maniobra son:

- Controlar el sistema de accionamiento de los mecanismos para garantizar un movimiento seguro (MOVIMIENTO).
- Mantener y comprobar en todo instante las condiciones de seguridad que son necesarias para el movimiento de la cabina (SEGURIDAD).
- Dirigir la cabina allí donde es requerida (CONTROL)

## **1.6. COMPONENTES DE SEGURIDAD EN EL ASCENSOR**

## 1.6.1 CONJUNTO LIMITADOR DE VELOCIDAD MAS PARACAIDAS

### 1.6.1.1 DEFINICION

El limitador de velocidad es un dispositivo anclado a la cabina, formado por dos poleas (polea del limitador y polea tensora) de pequeño diámetro, conectadas por un cable metálico que ordena la parada de la máquina y si es necesario provoca, la actuación del sistema de paracaídas, que detiene la cabina o el contrapeso del ascensor al alcanzar la velocidad ajustada previamente.

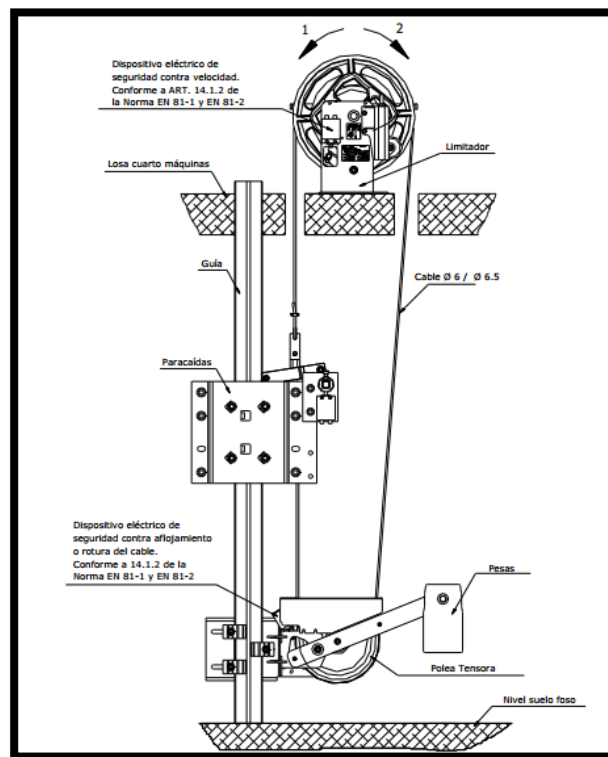


Figura 1.36. Conjunto Limitador formado por parte superior del limitador de velocidad, polea tensora en parte inferior y paracaídas de velocidad en parte central.

### 1.6.1.2 COMPONENTES

Los componentes del sistema de limitador de velocidad son:

- Polea del limitador o de enclavamiento: es la parte más importante del limitador de velocidad, ya que lleva incorporado el sistema que detecta la sobrevelocidad. Existen dos tipos:

- Centrífugo: la polea lleva un sistema regulado con un muelle o similar que, cuando se sobrepasa la velocidad nominal del ascensor y se alcanza la velocidad de disparo, tarada previamente, el sistema de bloqueo actúa por efecto de la fuerza centrífuga.

- Oscilante o de gatillo: un gatillo va oscilando continuamente por una polea resaltada, de forma que, cuando se sobrepasa la velocidad especificada, el gatillo queda enganchado a un resalte y bloquea el conjunto.



Figura 1.37. Polea de limitador oscilante.

- Polea tensora: garantiza la tensión adecuada del cable durante su movimiento. Generalmente, la tensión se genera a través de un contrapeso. Además, esta polea debe ser capaz, a través de un dispositivo eléctrico de seguridad, de ordenar la parada de la máquina del ascensor, en el caso de que detectara la rotura o el aflojamiento del cable del sistema del limitador.



Figura 1.40. Conjunto polea tensora.

- Paracaídas: es un dispositivo mecánico que para e inmoviliza la cabina o el contrapeso sobre las guías en caso de exceso de velocidad o de rotura de los órganos de suspensión.

El mecanismo del paracaídas se acciona mediante el cable del limitador de velocidad. Cuando el cable del limitador de velocidad se bloquea al detectar una sobrevelocidad de la cabina, se tensa, actuando como el disparo que pone en marcha el dispositivo y activando el sistema de paracaídas a través de una barra de actuación llamada timonería. De esta manera, se produce el enclavamiento del sistema de frenado sobre las guías de la instalación. Este sistema de frenado de está formada por una caja de cuñas las cuales actúan sobre las guías frenando al enclavar la caja de cuñas sobre las guías del ascensor.

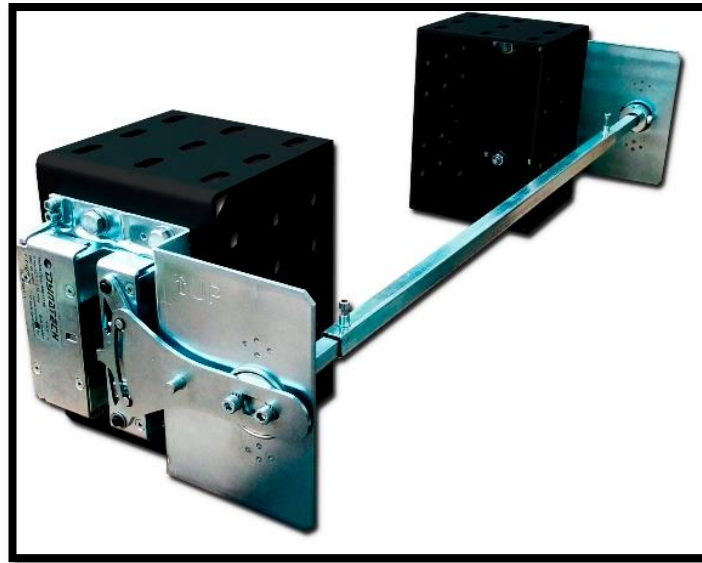


Figura 1.41. Conjunto paracaídas.

## **1.6.2 AMORTIGUADORES**

### **1.6.2.1 DEFINICION**

Los amortiguadores son dispositivos diseñados para detener una cabina en descenso que esté mas allá de su límite normal de recorrido, almacenando o absorbiendo y disipando la energía cinética de la cabina.

Los amortiguadores son elementos que actúan como tope deformable de final de recorrido (constituido por un sistema de frenado por fluido, muelle u otro dispositivo equivalente) .

Su intervención se produce cuando la cabina llega a la última parada inferior con un aumento de la velocidad nominal, que no es suficiente para activar el limitador de velocidad y por tanto, el sistema de paracaídas.

Para evitar que un potencial choque contra el suelo cause efectos lesivos en los pasajeros, se utilizan los amortiguadores, cuya misión es absorber la energía del impacto.

Los amortiguadores se sitúan en el extremo inferior del recorrido de la cabina y el contrapeso.



Deben estar colocados encima de un pedestal, de forma que, con el amortiguador comprimido al máximo de su capacidad, se mantenga un espacio de seguridad adecuado.

#### 1.6.2.2 TIPOS DE AMORTIGUADORES

1. De acumulación de energía: Sólo deben emplearse si la velocidad nominal del ascensor no supera 1m/s. Convierten la energía cinética de la cabina en energía potencial elástica. Ésta se acumula para convertirse nuevamente en energía cinética de retorno de la cabina. Dentro de estos hay dos tipos:

- a. de características lineales, en los que para todo el recorrido, fuerza y desplazamiento son proporcionales.(muelles)
- b. de características no lineales, en los que para todo el recorrido, fuerza y desplazamiento no son proporcionales (puffers)



Figura 1.42. Amortiguadores de muelles frente a puffers.

2. De acumulación de energía con efecto amortiguado. Para ascensores con velocidades no superiores a 1,6m/s. Similares a los anteriores, pero poseen un amortiguador de retorno que suaviza el retorno de la cabina tras haber impactado con el amortiguador.

3. Amortiguadores hidráulicos (de disipación de energía) que están compuestos generalmente por un elemento elástico (un muelle) y un fluido (aceite).

Durante el movimiento vertical, el pistón comienza a descender, desplazando fluido de una cámara a otra a través de una serie de orificios. Éstos van disminuyendo en número y tamaño a medida que el pistón avanza retardando el movimiento y consiguiendo que cabina o contrapeso se detengan de una forma progresiva y suave. De alto coste, solo se emplean para altas velocidades.



Figura 1.43. Amortiguador hidráulico.

## **2. ETAPAS NECESARIAS PARA REALIZAR UNA MEJORA DE EFICIENCIA ENERGETICA EN ASCENSORES**

### **2.1. INTRODUCCION**

Cada día millones de personas en todo el mundo se desplazan en el interior de edificios mediante diferentes tecnologías de transporte vertical. Esta movilidad de los usuarios produce un apreciable consumo energético motivado por la gran cantidad de aparatos instalados. Se trata de un consumo energético distribuido en receptores de potencia relativamente baja. Para incrementar la eficiencia energética de los ascensores tan importante como usar la energía de un modo más racional (esto es, usar mejor la energía disminuyendo pérdidas) cuando el ascensor está en funcionamiento, es no consumirla en absoluto (o reducir lo máximo su consumo) cuando el ascensor no realiza servicios. Esto es debido a que el ascensor, tomando como referencia largos periodos de tiempo, se comporta como una máquina de funcionamiento esporádico con largos periodos de reposo activo.

Partiendo de que la tecnología electromecánica como la hidráulica pueden ser eficientes, cada una tiene su campo de aplicación y por ello hemos desarrollado soluciones de eficiencia energética específicas para cada una de ellas. Adicionalmente existen soluciones eficientes comunes a ambas tecnologías. La máxima eficiencia la podemos desarrollar por etapas consecutivas cada una de las cuáles va incrementando de un modo acumulativo dicha eficiencia, pero siempre partiendo de la configuración mecánica y de los sistemas de tracción más eficientes y adecuados. Implementar opciones eficientes de alta tecnología sobre configuraciones mecánicas y sistemas de tracción de muy bajo rendimiento en funcionamiento (por ejemplo ascensores de tiro descentrado, chasis mochila) es una incongruencia.

## **2.2. CALIFICACION ENERGETICA DE LOS ASCENSORES SEGUN LA NORMA VDI 4707**

### **2.2.1 SITUACION EN EL SECTOR DEL ASCENSOR**

En lo que se refiere al sector del ascensor, todavía no existen leyes específicas que regulen el consumo energético de los ascensores a lo largo de su ciclo de vida. A nivel europeo, la legislación que se encuentra más avanzada es la alemana, que es la que se analiza en este apartado a pesar de no tratarse de una norma de obligado cumplimiento en España. Actualmente, mientras no exista legislación específica para el sector de la elevación, los fabricantes tienen que apoyarse en otras directivas más generales como ocurre con las Directivas 2005/32/CE "requisitos de diseño ecológico aplicables a productos que utilizan energía" Y 2002/91/CE "eficiencia energética de los edificios". En paralelo al marco europeo, ya existe una normativa VDI4707 "Elevators, energy efficiency", pionera en temática de demanda energética para ascensores, que está siendo utilizada como referencia o punto de partida en varios de los países del entorno europeo. Calculando el consumo energético, su objetivo final es la obtención de una clasificación que catalogue cada ascensor en diferentes clases de acuerdo a su eficiencia energética global, de manera muy similar a lo que se realiza con los electrodomésticos. Las clases son siete y están definidas de la A a la G, coincidiendo con la clasificación definida en varias normativas referentes a los aparatos eléctricos de uso doméstico.

La correcta metodología de las mediciones está regida por la norma ISO 25745-1: *Energy performance of lifts, escalators and moving walks. Part 1. Energy measurement and conformance*.

El propósito final de esta norma es el de estandarizar una clasificación para ascensores con la que poder comparar, con cierto rigor técnico, unos con otros según criterios de eficiencia energética, de modo que no resulta muy complejo ni laborioso realizar tal comparación. Para ello, se analiza el ascensor desde dos puntos de vista: su frecuencia de uso y las demandas energéticas en sus diferentes estados (en movimiento o en reposo). Sin

embargo, aun siendo esta norma un marco de referencia y un primer paso en relación a la legislación comunitaria existen dudas sobre su aplicabilidad. Estos recelos provienen de diferentes agentes participativos del sector por lo que está en el aire si, en un horizonte cercano, la VDI 4707 va a establecerse como normativa de referencia en cuanto a cuestiones de eficiencia energética. Uno de los principales inconvenientes que se extrae de su aplicación es lo inexacto que resulta la comparación entre ascensores de diferente naturaleza, ya que el procedimiento del cálculo no tiene la versatilidad suficiente para ponderar los parámetros de consumo más influyentes dependiendo del tipo de ascensor al que se catalogue. Por otro lado, resulta de poca utilidad para empresas pequeñas que proveen de materiales a las grandes compañías, el enfoque de ascensor completo que tiene la VDI4707. Este problema deriva de que la norma no aporta soluciones individuales para conocer la eficiencia energética de los componentes por separado. Todo parece indicar que, esta norma no será el referente de análisis en cuanto a la eficiencia energética del ascensor, ya que aún genera muchas dudas al respecto por las reticencias de varios de los principales fabricantes del sector del ascensor. Independientemente de las obligaciones que el marco normativo pueda establecer, en la actualidad ya hay movimientos empresariales que dirigen sus esfuerzos hacia desarrollos tecnológicos para la consecución de un ascensor más eficiente energéticamente. Las empresas del sector han detectado la importancia de este aspecto y son conscientes de que el criterio energético será un factor crítico en los próximos años, ante la especial sensibilización de la sociedad en cuestiones medioambientales. En esta contienda global hacia un mundo más sostenible, donde el aprovechamiento racional de los recursos será el epicentro del debate, la importancia de los ascensores y su correspondiente gasto de energía no es, ni mucho menos, desdeñable.

### **2.2.2 CATEGORIAS POR FRECUENCIAS DE USO DEL ASCENSOR**

Además de su diseño, la demanda de energía total de un ascensor depende esencialmente de su uso. Por ello, la norma clasifica los ascensores en 5

categorías en función de las horas al día en las que el aparato se encuentra en reposo y en movimiento. Los tiempos medios de movimiento y reposo de los ascensores para cada una de las cinco categorías de uso figuran en la siguiente tabla.

| Categoría                             | 1                     | 2              | 3                  | 4                  | 5                |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Uso                                   | Muy bajo              | Bajo           | Medio              | Alto               | Muy alto         |
| Tiempo promedio de movimiento (h/día) | 0,2<br>( $\leq 0,3$ ) | 0,5<br>(0,3-1) | 1,5<br>( $> 1-2$ ) | 3<br>( $> 2-4,5$ ) | 6<br>( $> 4,5$ ) |
| Tiempo promedio de reposo (h/día)     | 23,8                  | 23,5           | 22,5               | 21                 | 18               |

Tabla 2.1. Categorías por frecuencia de uso de los ascensores.

### 2.2.3 CLASES DE EFICIENCIA ENERGETICA

Dependiendo de los valores de la demanda de energía de movimiento y de reposo, los ascensores son asignados en distintas clases. Estos dos valores de la demanda determinan la clase de eficiencia energética del ascensor, en función de su frecuencia de uso. Hay siete clases de demanda o de eficiencia energética representadas por las letras de la A a la G. La clase A representa la demanda de energía más baja o en consecuencia, la mejor eficiencia energética. El ascensor se asigna a las clases de la demanda de energía según la tabla 2.2 y la tabla 2.3, de acuerdo a los valores de la demanda de reposo y de movimiento.

|              |           |            |            |            |            |             |          |
|--------------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|
| Potencia (W) | $\leq 50$ | $\leq 100$ | $\leq 200$ | $\leq 400$ | $\leq 800$ | $\leq 1600$ | $> 1600$ |
| Clase        | A         | B          | C          | D          | E          | F           | G        |

Tabla 2.2. Clases de potencia demandada en reposo.

|                              |             |             |             |             |             |             |          |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| Energía consumo (mWh/(kg·m)) | $\leq 0,56$ | $\leq 0,84$ | $\leq 1,26$ | $\leq 1,89$ | $\leq 2,80$ | $\leq 4,20$ | $> 4,20$ |
| Clase                        | A           | B           | C           | D           | E           | F           | G        |

Tabla 2.3. Clases de potencia demandada en movimiento.

Las clases de eficiencia energética de un ascensor se determinan a partir de los valores de la demanda de energía de reposo y de movimiento, con los tiempos de reposo promedio y de movimiento para una demanda diaria, de acuerdo a la tabla 2.1 y dividiendo luego por el número de metros recorridos y la carga nominal. Esto se traduce en el valor específico de la demanda total de energía del ascensor. Para la asignación de la demanda de energía específica en clases de eficiencia energética, los valores límite para la demanda de movimiento y de reposo que pertenece a la misma clase se combinan de acuerdo con la tabla 2.2 y la tabla 2.3 con la siguiente ecuación:

$$E_{\text{Ascensor}} = 0,882 \frac{\text{mWh}}{\text{kg} \times \text{m}} + \frac{199\text{W} \times 55,98\text{h} \times 1000}{450 \text{ kg} \times 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 8,36\text{h} \times 3600} = 1,705 \frac{\text{mWh}}{\text{kg} \times \text{m}}$$

La introducción de los límites de las tablas 2.2 y 2.3 y las fracciones de tiempo de la tabla 2.1, conduce a las ecuaciones simplificadas en la tabla 2.4, donde se calculan los límites de las clases de eficiencia energética para cada ascensor.

| Clase de Energía Eficiente | Demanda de Energía específica de los ascensores [mWh/(kg·m)]  |   |   |   |   |
|----------------------------|---|---|---|---|---|
|                            | Categoría de uso  |   |   |   |   |
|                            | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
| <b>A</b>                   | $\leq 0,56\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $50\text{W}\cdot 23,8\text{h}\cdot 1000$<br>/ $Q\cdot v\cdot 0,2\text{h}\cdot 3600$ | $\leq 0,56\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $50\text{W}\cdot 23,5\text{h}\cdot 1000$<br>/ $Q\cdot v\cdot 0,5\text{h}\cdot 3600$ | $\leq 0,56\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $50\text{W}\cdot 22,5\text{h}\cdot 1000$<br>/ $Q\cdot v\cdot 1,5\text{h}\cdot 3600$ | $\leq 0,56\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $50\text{W}\cdot 21\text{h}\cdot 1000$<br>/ $Q\cdot v\cdot 3\text{h}\cdot 3600$ | $\leq 0,56\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $50\text{W}\cdot 18\text{h}\cdot 1000$<br>/ $Q\cdot v\cdot 6\text{h}\cdot 3600$ |
| <b>B</b>                   | $\leq 0,84\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $100\text{W}\cdot 23,8\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 0,2\text{h}\cdot 3600$       | $\leq 0,84\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $100\text{W}\cdot 23,5\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 0,5\text{h}\cdot 3600$       | $\leq 0,84\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $100\text{W}\cdot 22,5\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 1,5\text{h}\cdot 3600$       | $\leq 0,84\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $100\text{W}\cdot 21\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 3\text{h}\cdot 3600$       | $\leq 0,84\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $100\text{W}\cdot 18\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 6\text{h}\cdot 3600$       |
| <b>C</b>                   | $\leq 1,26\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $200\text{W}\cdot 23,8\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 0,2\text{h}\cdot 3600$       | $\leq 1,26\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $200\text{W}\cdot 23,5\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 0,5\text{h}\cdot 3600$       | $\leq 1,26\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $200\text{W}\cdot 22,5\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 1,5\text{h}\cdot 3600$       | $\leq 1,26\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $200\text{W}\cdot 21\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 3\text{h}\cdot 3600$       | $\leq 1,26\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $200\text{W}\cdot 18\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 6\text{h}\cdot 3600$       |
| <b>D</b>                   | $\leq 1,89\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $400\text{W}\cdot 23,8\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 0,2\text{h}\cdot 3600$       | $\leq 1,89\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $400\text{W}\cdot 23,5\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 0,5\text{h}\cdot 3600$       | $\leq 1,89\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $400\text{W}\cdot 22,5\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 1,5\text{h}\cdot 3600$       | $\leq 1,89\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $400\text{W}\cdot 21\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 3\text{h}\cdot 3600$       | $\leq 1,89\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$<br>+ $400\text{W}\cdot 18\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 6\text{h}\cdot 3600$       |
| <b>E</b>                   | $\leq 2,8\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $800\text{W}\cdot 23,8\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 0,2\text{h}\cdot 3600$           | $\leq 2,8\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $800\text{W}\cdot 23,5\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 0,5\text{h}\cdot 3600$           | $\leq 2,8\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $800\text{W}\cdot 22,5\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 1,5\text{h}\cdot 3600$           | $\leq 2,8\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $800\text{W}\cdot 21\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 3\text{h}\cdot 3600$           | $\leq 2,8\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $800\text{W}\cdot 18\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 6\text{h}\cdot 3600$           |
| <b>F</b>                   | $\leq 4,2\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $1600\text{W}\cdot 23,8\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 0,2\text{h}\cdot 3600$          | $\leq 4,2\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $1600\text{W}\cdot 23,5\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 0,5\text{h}\cdot 3600$          | $\leq 4,2\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $1600\text{W}\cdot 22,5\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 1,5\text{h}\cdot 3600$          | $\leq 4,2\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $1600\text{W}\cdot 21\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 3\text{h}\cdot 3600$          | $\leq 4,2\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $1600\text{W}\cdot 18\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 6\text{h}\cdot 3600$          |
| <b>G</b>                   | $> 4,2\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $1600\text{W}\cdot 23,8\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 0,2\text{h}\cdot 3600$             | $> 4,2\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $1600\text{W}\cdot 23,5\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 0,5\text{h}\cdot 3600$             | $> 4,2\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $1600\text{W}\cdot 22,5\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 1,5\text{h}\cdot 3600$             | $> 4,2\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $1600\text{W}\cdot 21\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 3\text{h}\cdot 3600$             | $> 4,2\text{mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ + $1600\text{W}\cdot 18\text{h}\cdot 1000/Q\cdot v\cdot 6\text{h}\cdot 3600$             |

Tabla 2.4. Demanda de energía específica de los ascensores.



## **2.3. MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGETICA**

Cuando se habla de eficiencia energética en los ascensores, se refiere a que su fabricación se realiza pensando de forma inteligente para el aprovechamiento y el ahorro de energía. Es decir, se adopta una serie de medidas tecnológicas para que dicho ascensor consuma la menor energía posible sin renunciar a un grado de bienestar y de calidad. En la actualidad, es necesario elaborar un plan de ahorro y eficiencia energética encaminado a la fabricación y utilización del ascensor que asegure un menor consumo para los mismos niveles de actividad y bienestar social. Para ello, es necesario analizar algunas de las medidas que se pueden tomar para poder conseguir ahorrar energía y, con ello, reducir el gasto del recibo de la compañía eléctrica sin privarse del uso tan cotidiano como necesario del ascensor. Con la influencia de los avances tecnológicos y con un endurecimiento de las normas existentes, se conseguiría reducir el consumo energético del ascensor y, con ello, contribuir a disminuir la degradación del medio ambiente. Hay que responsabilizarse y dar un enfoque lo más ecológico posible, mejorando técnicamente para conseguir el máximo rendimiento, eficacia y unos materiales reciclables de larga duración. Se ha de tener en cuenta que no se debe malgastar la energía con maquinaria y tecnologías obsoletas, ya que existen en la actualidad tecnologías eficientes para el transporte vertical.

El ascensor supone entre el 3 % y el 8 % del consumo energético de un edificio. De este consumo la mayor parte corresponde al movimiento y a la iluminación de la cabina. Con estos datos, es importante tener medidas de eficiencia energética para no malgastarla.

Utilizando materiales más caros pero energéticamente correctos se pueden amortizar a corto plazo la diferencia de precios con el ahorro conseguido en la factura eléctrica.

Se pueden conseguir ahorros energéticos significativos si se escoge una tecnología eficiente. Los criterios principales para determinar el tipo y el sistema de ascensores más idóneos son:

- La velocidad de los ascensores (que dependerá del flujo de personas a transportar y del tiempo de espera).
- La altura del edificio.
- La capacidad de transporte.
- El espacio disponible para instalar los ascensores.

Para una buena actuación desde el punto de vista energético se debe prestar atención a los siguientes puntos:

- Evitar sobredimensionar la capacidad del ascensor, porque se provocará un aumento del consumo durante las horas de baja demanda y cuando está vacío. ·
- Considerar cual es la mejor opción para el accionamiento (hidráulico o eléctrico). ·
- Cuando hay varios ascensores, se ha de estudiar la mejor solución en cuanto a número y capacidad de cada uno de los ascensores.

Para evitar el sobredimensionamiento del sistema, se han de analizar atentamente las necesidades, como la cantidad de personas en cada planta, la actividad que se realiza, etc. El número de ascensores dependerá tanto de la capacidad de transporte, como del intervalo probable de paradas.

## 2.4. ETAPAS NECESARIAS PARA REALIZAR UNA MEJORA DE EFICIENCIA ENERGETICA EN ASCENSORES

### 2.4.1. SELECCION DE LA CONFIGURACION MECANICA MAS ADECUADA

Para conseguir una buena eficiencia energética es importante comenzar en la fase de diseño, una configuración 1:1 tiene una mayor eficiencia mecánica por su simplicidad, además de poder ser más económica puesto que contiene menos elementos (cables, poleas). Sin embargo requiere de una polea de tracción de un mayor diámetro que implica un mayor par motor y mayor potencia e intensidad de funcionamiento.

En configuración 2:1 el peso que tiene que mover la máquina de tracción es inferior, mientras que en 1:1 el peso es la suma de  $P + Q$  en 2:1 es  $(P+Q)/2$ , implica una máquina de menor potencia e intensidad. (Ver Figura 2.1)

En el ejemplo actual se puede observar la diferencia de par e intensidad bajo las mismas condiciones entre suspensión 1:1 y 2:1.

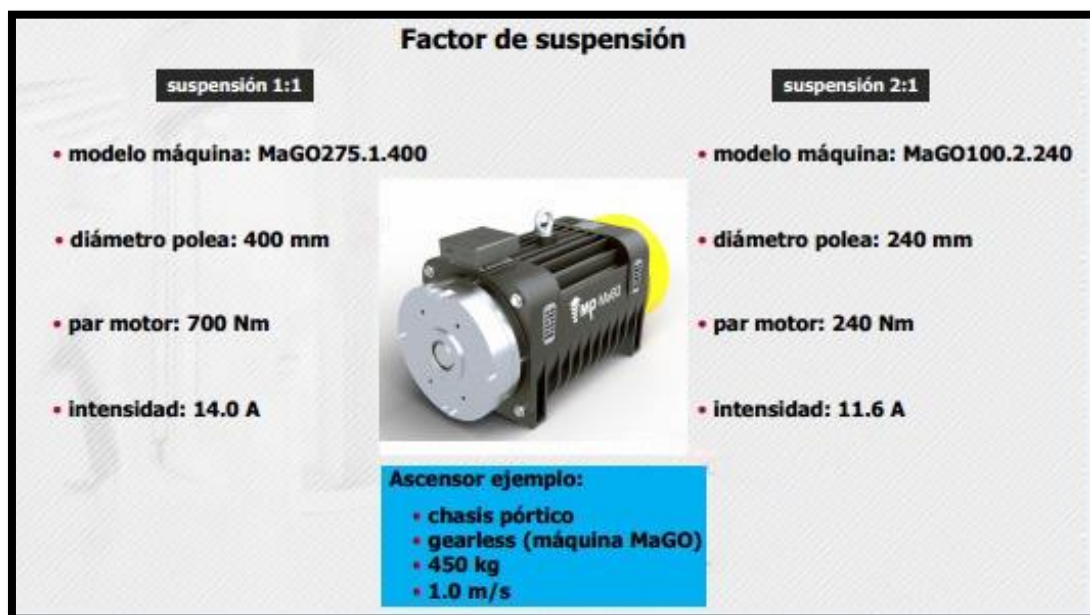


Figura 2.1.

Cuanto mayor es el factor de suspensión menor es el par motor, potencia e intensidad, existen configuraciones 4:1 para altas cargas, 10:1 para huecos reducidos con poleas tractoras muy reducidas. Cada instalación tiene su configuración óptima, un buen diseño de ascensor implica un coste de fabricación contenido, un montaje no muy complejo, una buena optimización del hueco, un mantenimiento sencillo y por último y no menos importante un coste de uso reducido.

Otro aspecto importante de la configuración mecánica también se encuentra en la fase de diseño .Se trata de la configuración del chasis de cabina, puede ser tipo mochila o pórtico. Por norma siempre es mejor un chasis pórtico ya que el tiro del ascensor va centrado con las guías con unos momentos de flexión despreciables y fuerzas de rozamientos muy pequeñas.

En un chasis mochila el tiro no va siempre centrado con las guías provocando unos altos momentos de flexión sobre guías y altas fuerzas de rozamiento.

No siempre se puede elegir la configuración pórtico, en rehabilitaciones de edificios ya construido sin ascensor los huecos son muy reducidos ( por hueco de escalera, por patio interior, por fachada..) , en estos casos es mas fácil instalar un chasis mochila por su mejor aprovechamiento del hueco.

Además el chasis mochila permite embarques a 90 y 270 grados los cuales no permite el chasis pórtico.

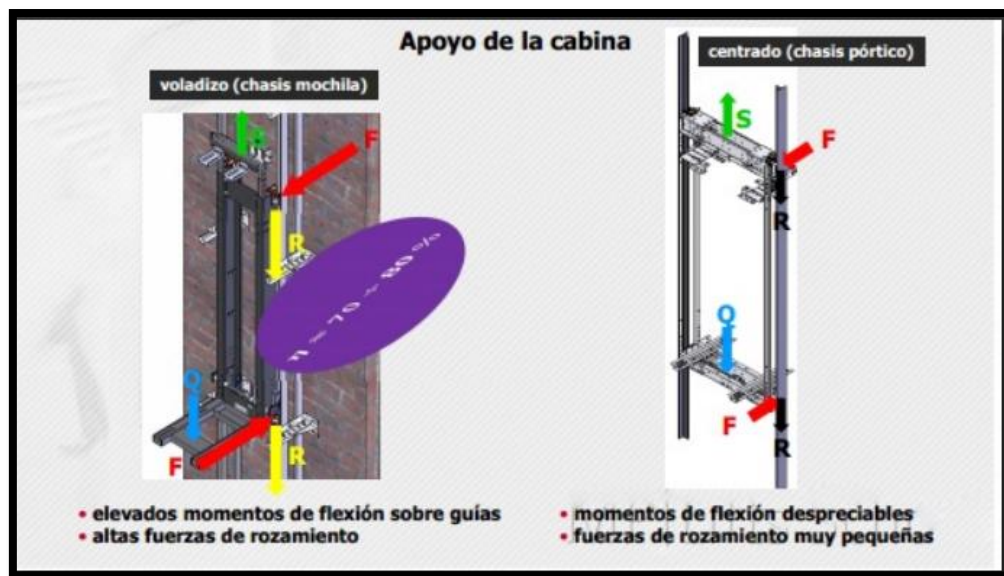


Figura 2.2. Chasis mochila y chasis pórtico.

#### 2.4.2 USO DE MATERIALES DE ELEVADA RELACION RESISTENCIA-PESO

La utilización de materiales resistentes y ligeros a la vez afecta directamente al consumo del ascensor. EL peso del ascensor, llamado P es la suma de los componentes del ascensor. Se dividen principalmente en peso de cabina, peso de chasis, peso de la puerta de cabina y peso de los componentes eléctricos.

El uso de acero de alta resistencia para la fabricación del chasis reduce también los consumos de energía tanto en el manejo como en la fabricación. El límite elástico mínimo de este acero es de 500 N/mm<sup>2</sup> y sus propiedades son superiores a las del acero estructural corriente. El uso de este acero puede reducir el espesor de los materiales en torno a 1 y 1,5 mm, esto supone por ejemplo un ahorro en el peso del chasis de hasta un 30% lo que implica una reducción del consumo del ascensor.

El uso de materiales más ligeros en la fabricación de la decoración de cabina también es un punto importante a tener en cuenta. Un suelo de granito artificial puede pesar la mitad que el clásico suelo de granito natural.

También se puede reducir peso con el uso de materiales ligeros para los

revestimientos de las paredes interiores de cabina, incluso podemos fabricar paños de cabina estructural, es decir, sin revestimiento interior.

La botonera de cabina que suele estar formada por una omega de acero se puede sustituir por una nueva botonera de material plástico.

Un operador de puerta de cabina optimizado, con un motor más pequeño también nos ayuda a reducir el peso final del conjunto.

### **2.4.3 ELECCION DE TECNOLOGIAS EFICIENTES DE TRACCION.**

Gran parte del consumo energético del ascensor corresponde al realizado por la máquina tractora para mover la cabina. Este depende de la relación entre el peso de cabina, incluida la carga, y el peso del contrapeso, dependiendo si el motor debe arrastrar o frenar la carga. Arrastrará cuando suba a plena carga o bajando en vacío, y deberá frenar cuando suba con poca carga en la cabina o bajando con la cabina llena. En el caso de estar equilibrado el peso total de cabina y carga con el del contrapeso, sólo habría pérdidas por rozamientos. Cuando la máquina tractora este gobernada por un variador de frecuencia durante la aceleración, se requiere un par importante, por lo que habrá un consumo de energía. En cambio en la desaceleración, la máquina debe frenar la carga, el motor trabaja como generador y habrá un desperdicio de energía en forma de calor en la resistencia de frenado.

Los ascensores de última generación son eléctricos de tracción directa y con máquinas más pequeñas, evitando así elementos como engranajes, rodamientos, aceites, etc. Este tipo de ascensores supone un importante cambio en lo que se refiere a consumo y eficiencia energética.

- Consumen entre un 25 y un 40 % menos que los ascensores eléctricos convencionales y en torno a un 60 % menos que los ascensores hidráulicos.
- Generan hasta diez veces menos de ruido.

Los ascensores antiguos suelen usar motores asíncronos, éstos son más fáciles de controlar, pero demandan más energía de la red. Sin embargo, los motores síncronos reducen enormemente el consumo energético porque son más eficientes y tienen un mejor rendimiento mecánico, pero a la vez

son más difíciles de controlar. Se puede poner un variador de frecuencia para facilitar el control de este tipo de motor, de manera que el nuevo modelo consuma solamente la energía justa y necesaria.

La mayoría de las máquinas tractoras montadas en los ascensores existentes son las de reducción "sinfín-corona", movidas por un tradicional motor eléctrico asíncrono de rotor de jaula de ardilla. En este tipo de máquina tractorsa, aproximadamente el 40 % de la potencia generada por el motor de inducción asíncrono se desgasta en la reducción. En el mercado, nos podemos encontrar con máquinas tractoras "visinfín", en las que un reductor planetario de precisión origina un funcionamiento suave y sin ruido, y con una disminución importante en la corriente de arranque. Su rendimiento es muy superior a las de sinfín-corona y puede llegar a 85 %, aportando un importante ahorro de energía. Las máquinas visinfín utilizan motores convencionales de asíncronos de jaula de ardilla en un montaje muy compacto y pueden incluso incluir dentro de la polea tractorsa el pequeño reductor planetario y el freno. Disponen de un elevado par de arranque.

En los reductores con motores asíncronos, se debe elegir correctamente la potencia necesaria en realidad, ya que en los circuitos magnéticos se produce una energía reactiva que es imprescindible para su funcionamiento, pero que no produce una potencia útil. La corriente reactiva al circular por la red produce pérdidas por efecto joule, caídas de tensión y desaprovechamiento de la capacidad de la instalación. Una medida relativa de la cuantía de la potencia reactiva es el factor de potencia denominado  $\cos \varphi$ , que es la relación entre potencia activa y aparente. Este  $\cos \varphi$  será mayor cuanto más alta sean sus revoluciones y su potencia, y cuanto más bajo sea su régimen de carga. Para conseguir un buen  $\cos \varphi$  con la utilización de motores asíncronos, estos deben estar bien calculados para la carga que va a transportar. Un motor sobredimensionado, además de consumir una mayor potencia activa trabajará en vacío o a media carga, consumiendo mayor energía reactiva. Lo ideal es que trabajaran en régimen de plena carga. Al mejorar el  $\cos \varphi$  de una instalación, disminuye el

componente reactivo de la intensidad que absorbe de la red y, por lo tanto, la caída de tensión producida por dicho componente.



Figura 2.3. Máquina con reductor “sinfín-corona”.

El mercado debe ir introduciendo motores de inducción trifásicos de alto rendimiento (mejorando la refrigeración, la calidad del material, chapas magnéticas, disminuyendo los rozamientos) todo ello encaminado a la reducción significativa de consumo energético.

En la actualidad, se están imponiendo en el mercado las máquinas de tracción por adherencia sin reductora, llamadas máquinas síncronas de imanes permanentes “gearless” (sin engranaje). Para su funcionamiento, se alimenta con corriente alterna el bobinado del estator, y el rotor está dotado de imanes permanentes de alta energía que producen un campo magnético muy intenso. Su tamaño, en conjunto es más pequeño que una máquina tractora por sinfín corona, por lo que puede ser muy útil para instalarlos dentro del hueco, en los llamados ascensores sin cuarto de máquinas. Tienen un rendimiento muy superior al del motor de inducción asíncrono, particularmente a bajas velocidades de giro. Con ellas, se consigue mayor suavidad de marcha y parada, una correcta nivelación y mínimos ruido y vibración en su funcionamiento.



En este tipo de máquinas, la polea tractora por adherencia se coloca directamente en el eje del motor. Suelen ser poleas de pequeño diámetro, entre 240 y los 360 mm, dependiendo del cable de tracción utilizado. El motor de imanes permanentes trabaja con velocidades de sincronismo muy bajas, alrededor de 60 rpm, y el número de polos utilizados está entre 12 y 20.

Estos motores de imanes permanentes están equipados con generadores de impulso absoluto (encoder), que informan a la maniobra de control de su posición en todo momento. Con ello, se logra una nivelación de la parada de la cabina mucho más exacta que con los reductores tradicionales y se adapta a la carga en todo momento. El variador de frecuencia y el encoder controlan las aceleraciones y deceleraciones de la máquina síncrona, consiguiendo una nivelación óptima de la cabina del ascensor.

Fomentando la utilización de las máquinas gearless y eligiendo correctamente la potencia necesaria en función de las características de la instalación, conseguiremos una instalación eficiente energéticamente además de conseguir un ahorro energético importante. Su rendimiento es un factor decisivo en el buen comportamiento energético, y este depende del material utilizado en la creación de los imanes permanentes del rotor, de las aleaciones utilizadas en las chapas magnéticas del estator, del número de polos, etc. se deben utilizar materiales magnéticos de alta eficiencia con mínima disipación de potencia. Son soluciones inteligentes para la reducción de costes y la protección medioambiental.

Desde el punto de vista medioambiental, los motores de imanes permanentes tienen la ventaja de no utilizar aceites, necesitan un menor número de materiales en su fabricación y tienen un mayor rendimiento. Se reduce la energía consumida durante su funcionamiento.



Figura 2.4. Máquina sin reductor Gearless.

Las características de este motor son las siguientes:

- motor síncrono trifásico
- imanes permanentes.
- conexión directa motor-polea tractora (sin engranaje)
- no es precisa ninguna corriente de campo
- freno de disco

Entre sus ventajas cabe destacar las siguientes:

- reducidas dimensiones
- bajo peso
- muy bajo nivel sonoro
- sin necesidad de lubricación
- pérdidas mecánicas muy pequeñas
- alta potencia energética (factor de potencia  $\sim 1$ )

Los requisitos para poder aplicar esta tecnología son control VVVF y control permanente de posición angular de polea.

En un ascensor ejemplo de 450 kilos, a velocidad 1 metro por segundo, con chasis pórtico y 8 paradas la potencia consumida en un ascensor con

tecnología sinfín-corona es de 10 kw frente a los 4.5 kw del mismo ascensor con tecnología Gearless.

**TECNOLOGÍA: GEARLESS**

Afecta a: consumo en marcha

**CARACTERÍSTICAS:**

- motor síncrono trifásico
- imanes permanentes
- conexión directa motor-polea tractora (sin engranaje)
- no es precisa ninguna corriente de campo
- freno de disco

**VENTAJAS:**

- reducidas dimensiones
- pequeño peso
- muy bajo nivel sonoro
- sin necesidad de lubricación
- pérdidas mecánicas muy pequeñas
- alta potencia específica (factor de potencia ~ 1)

**REQUISITOS:**

- control VVVF
- control permanente de posición angular de la polea



**Ascensor ejemplo:**

- 450 kg
- 1.0 m/s
- chasis pórtico
- 8 paradas

**55 % más eficiente**

**$P_{sf-cor} = 10.0 \text{ kW}$**

**$P_{gless} = 4.5 \text{ kW}$**

Figura 2.5. Tecnología Gearless.

#### 2.4.4 ILUMINACION

La mayor parte de los ascensores utilizan fluorescentes y están 24 horas en funcionamiento. Si se sustituyen los fluorescentes por lámparas de bajo consumo o lámparas tipo LED que apenas consumen, unido al punto anterior, el resultado sería óptimo.

El alumbrado representa una parte importante de la energía absorbida en el ascensor. Con una iluminación eficiente se pueden conseguir ahorros de hasta el 80 %, ya que ésta suele estar encendida durante todo el día, aunque el ascensor no se mueva.

En la actualidad, se puede hablar de tres formas básicas de iluminación utilizadas en todas las cabinas: la incandescencia, la de descarga a baja

presión y la de LED. La fluorescencia se caracteriza por ser una fuente de luz lineal, mientras que la incandescencia y la de LED son puntuales. En la siguiente tabla, se muestra una comparación de las principales características de las lámparas utilizadas en los aparatos elevadores:

| Tipo de lámpara               | Tiempo de vida (h) | Eficacia luminosa (lm/W) |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------|
| Incandescente                 | 750-2.000          | 10-18                    |
| Halógenas incandescentes      | 3.000-4.000        | 15-20                    |
| Fluorescentes compactos (CFL) | 8.000-10.000       | 35-60                    |
| Fluorescentes lineales        | 20.000-30.000      | 50-100                   |
| De alta potencia LED blanco   | 35.000-50.000      | 30-150                   |

Tabla 2.5. Comparación de las principales características de lámparas.

#### 2.4.4.1 LAMPARAS DE INCASDENCENCIA

Como lámparas de incandescencia, se consideran la bombilla clásica y la moderna lámpara halógena. Se basan en calentar un filamento hasta conseguir que produzca luz. En este proceso se desprende gran cantidad de calor por radiación y otra parte por convección. En las convencionales, el 95 % de la energía que se consume se transforma en calor.

La bombilla clásica incandescente se puede sustituir fácilmente por la actual bombilla electrónica de bajo consumo, que utiliza la misma tecnología que la de los tubos de fluorescentes pero en miniatura y con casquillo de bombillas para que se puedan sustituir por éstas sin problemas. Como son lámparas fluorescentes compactas de alta eficacia y de muy buena reproducción cromática, tienen las mismas ventajas y desventajas que las fluorescentes.



Figura 2.6.

Con ellas conseguimos, comparadas con las de incandescentes, un consumo cinco veces menor, menos carga calorífica y una duración de aproximadamente, ocho veces más, y por tanto, menor gasto de mantenimiento. Además de intentar sustituir las lámparas incandescentes por otras de bajo consumo, se pueden conseguir ahorros de hasta el 80 %, si se temporizan la luz de cabina con el ascensor en reposo y cuando se ponga en funcionamiento el ascensor se enciendan. Apagar y encender las lámparas de incandescencia no gasta más electricidad, a diferencia de las fluorescentes o las de bajo consumo, que consumen cierta cantidad de energía y reducen su vida útil.

#### 2.4.4.2 LAMPARAS DE DESCARGA O BAJA PRESION.

En este grupo están los tubos fluorescentes y las modernas lámparas de bajo consumo. Se basan en producir una descarga eléctrica entre dos electrodos a través de una atmósfera de gas y de vapor metálico. Para iniciar la descarga, se precisa aumentar el grado de ionización del gas para obtener tensiones de arranque bajas y disponer de una tensión suficientemente alta para mantener la descarga. Lo primero se consigue procediendo a un calentamiento previo de los electrodos, con lo que se activa su emisión electrónica, y para lo segundo, se obtiene la tensión

aprovechando el pico producido por la corriente de ruptura en un circuito fuertemente inductivo.

Es aconsejable utilizar la tecnología fluorescente en aquellos lugares en que se enciende la luz más de una hora cada vez. Por ello, se recomienda su utilización en los cuartos de máquinas y poleas, rosarios de iluminación, hueco de ascensor. Este tipo de lámparas de descarga utilizan una potencia cinco veces menor y duran ocho veces más que las bombillas de incandescencia.

Si la cabina ya tiene iluminación a través de equipos fluorescentes, estos serán más eficientes si sustituimos:

- Las lámparas fluorescentes antiguas de potencia 20 W y 40 W por otras más modernas de 18 W y 36 W, que proporcionan igual cantidad de luz y consumen el 10 % menos de energía. También se pueden sustituir por otro tipo de lámpara fluorescente llamada de alta eficiencia multifósforo o trifósforo, que proporciona el 15 % más de luz con el mismo consumo energético.
- Los balastos convencionales por otros balastos electrónicos. Con estos equipos de conexión electrónicos, además de conseguir una mayor eficacia luminosa, reducen las pérdidas de potencia del balasto a la tercera parte, desaparecen los ruidos y zumbidos. Consiguen luz sin parpadeo y sin ningún efecto estroboscópico, se desprende menos calor y su seguridad es más completa. Asimismo, estos equipos de conexión electrónicos hacen que la duración de las lámparas fluorescentes se vea incrementada hasta el 50 %, lo cual beneficia al medio ambiente.
- Los metacrilatos opacos de los techos de cabina por otros más transparentes, sustituyendo las chapas perforadas que los sujetan, por otras que permitan pasar mejor la luz. Incluso pueden sustituir los techos de iluminación por otros de cristal laminar translúcidos. Con ello podremos disminuir el número de tubos instalados



Figura 2.7.

#### 2.4.4.3 ILUMINACION CON LED

Un LED es un dispositivo semiconductor que emite luz cuando circula por la corriente eléctrica, es decir, es un diodo emisor de luz. La luz se genera al liberarse los fotones gracias a que los electrones cambian de nivel de energía durante su desplazamiento por el material semiconductor, este efecto se llama electroluminiscencia.

Tienen una elevada eficiencia energética cercana al 90 %, con una larga vida útil de hasta 100.000 horas. Son fáciles de fabricar, no emiten calor y tienen una elevada resistencia física a los golpes y vibraciones, características que los hacen adecuados para iluminar el interior de las cabinas de los ascensores. Aunque los LED siguen siendo caros en comparación con otros tipos de lámparas, su precio está compensado por una vida muy larga. Además, su vida no se reduce por los frecuentes ciclos de encendido y apagado de las lámparas.

En la actualidad, se están probando paneles luminosos flexibles de alto rendimiento energético que utilizan la tecnología OLED (diodo orgánico



emisor de luz). Son de alta eficiencia energética y forman una luz agradable orgánica uniforme, expansiva en todo un espacio y, aparentemente, natural. Su eficiencia es 2,5 veces superior a la de las bombillas actuales de bajo consumo, pero actualmente tienen en contra su elevado coste y menor vida útil. Este es un paso para la optimización energética en la iluminación de las cabinas y hueco de ascensores, buscando nuevas tecnologías que aumenten su eficiencia y descubriendo nuevos materiales encaminados a conseguir un bajo consumo energético en su elaboración y manipulación.



Figura 2.8.

#### 2.4.4.4 GESTION INTELIGENTE DE LA ILUMINACION

Dependiendo del tipo de edificio, ya sea residencial, oficinas, hoteles u hospitales el porcentaje de uso del ascensor frente al tiempo en espera es en torno al 5, 10, 20 o 30%. Una manera muy sencilla de ahorrar en iluminación es la de apagar las luces del ascensor cuando no esté en uso mediante iluminación inteligente. Este sistema consiste en la desconexión (apagado) de la iluminación de la cabina después de un tiempo programado (algunos segundos) tras la realización del último servicio. La cabina se vuelve a iluminar inmediatamente y sin parpadeos tras la primera llamada del ascensor por parte de un usuario. Con este sistema se puede alcanzar un ahorro energético promedio adicional del 25% sobre el consumo total del mismo ascensor con iluminación mediante LED. Así pues el sistema de



iluminación inteligente aporta un ahorro global del 50% sobre el consumo global del ascensor sin mejoras.

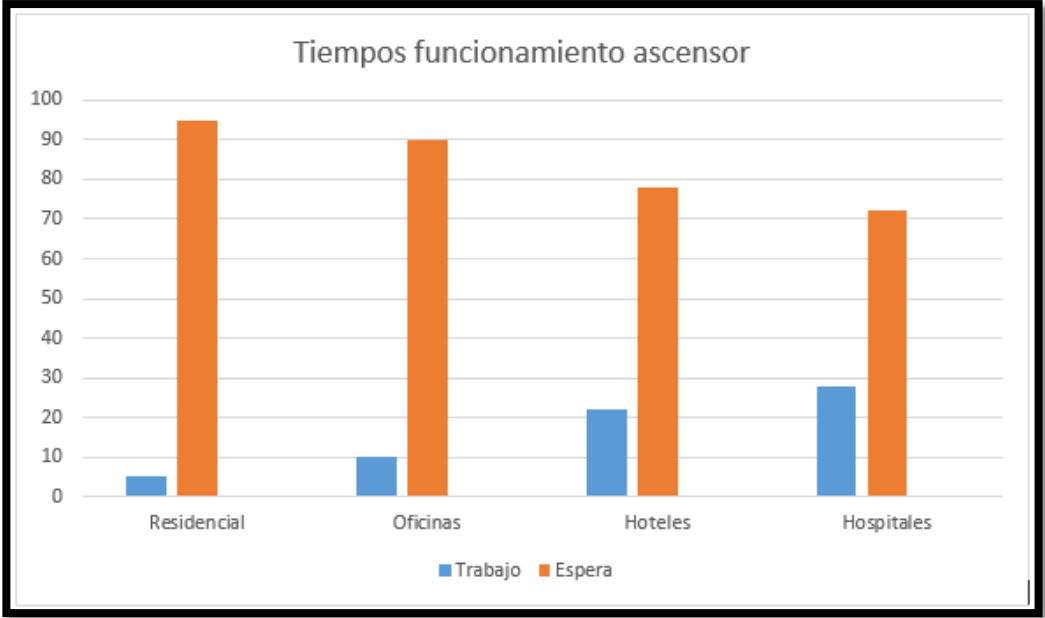


Tabla 2.6. Tiempos de funcionamiento.

**2.4.5 DESCONEXION DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGIA**

Otra manera de gestionar los tiempos del ascensor y ahorrar energía es la de utilizar el modo en espera o standby.

Con esta solución se permite la desconexión de determinados dispositivos electrónicos del ascensor (por ejemplo el variador de frecuencia, señalización y displays de cabina) que no precisan estar activos durante largos periodos sin servicio (periodos nocturnos o días festivos en edificios de uso público). El ascensor vuelve a estar activo tras la primera llamada realizada por un usuario o automáticamente después de transcurrido el periodo de standby programado. Existen distintos sistemas dependiendo el fabricante de ascensores, pero hay una gran diferencia entre ellos: la rapidez de respuesta tras el “despertado” del ascensor por un usuario. Para este primer servicio existen sistemas que sólo incrementa en 5 segundos el

tiempo de respuesta frente a los 2 minutos de la gran mayoría de los existentes. En términos de ahorro energético global, el standby supone hasta un 12% sobre el consumo del mismo ascensor sin el sistema.

Así pues, con la actuación conjunta de los sistemas comunes de eficiencia energética aplicados sobre la iluminación y sobre los periodos de espera del ascensor se consigue un ahorro energético (en términos de consumo global del ascensor) de hasta un 60%. Esta cifra puede ser espectacularmente superior (hasta un 85%) en ascensores de tráfico muy bajo (categorías de uso 1 y 2, según VDI). Por lo tanto es absurdo no tener en cuenta estas sencillas soluciones tanto por el ahorro energético que representan como por la ínfima inversión que necesitan.

El modo en espera consiste en desconectar los dispositivos electrónicos superfluos del ascensor tales como displays de cabina y de planta, variador, sistema regenerativo si existe (lo veremos mas adelante). El modo en espera tiene la desventaja que la maniobra eléctrica del ascensor necesita un tiempo para “despertarse”, es decir, que pasa un tiempo (en torno a 30/40) segundos desde que el usuario final pulsa el botón en planta hasta que la maniobra vuelve a conectar todos los dispositivos que están en reposo. La norma VDI 4707 regula los tiempos de modo standby y de funcionamiento dependiendo el tipo de edificio según la figura 2.9.

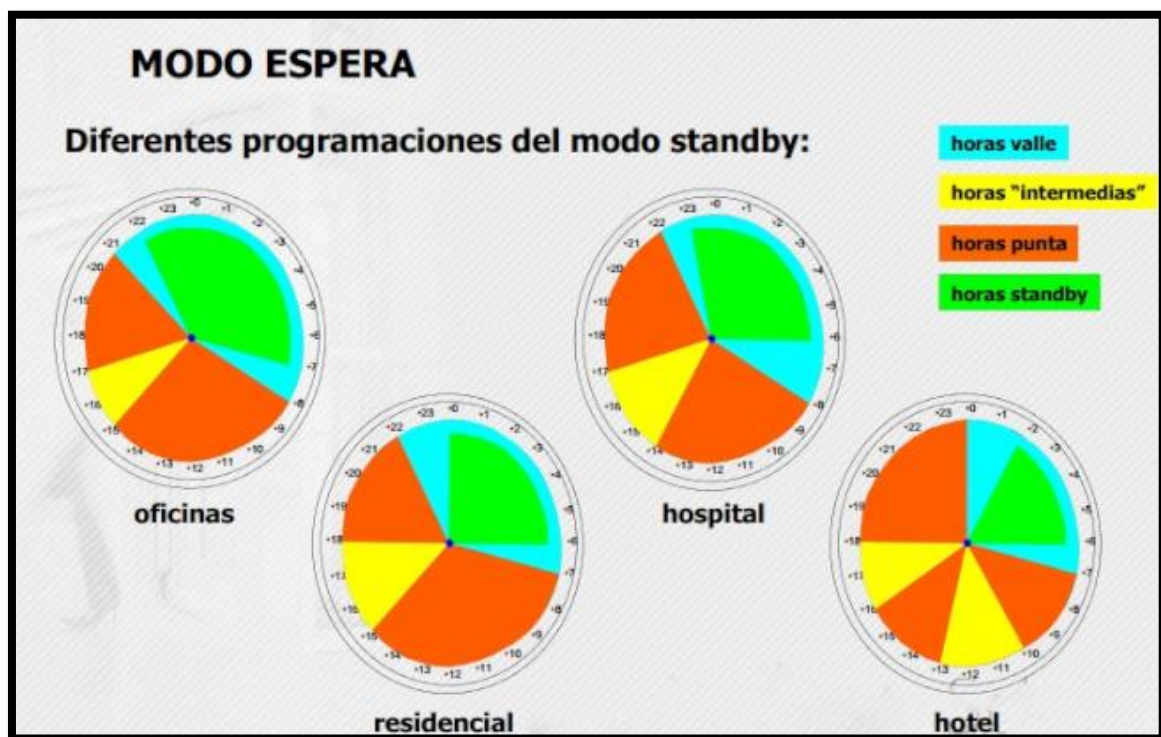


Figura 2.9.

Según el gráfico en un edificio de oficinas podemos aplicar el modo standby desde las 22:00 horas hasta las 7 de la mañana que son las horas en las que estimamos en las que no habrá prácticamente uso del ascensor. Tanto las horas valle como las horas intermedias son horas en las que puede haber un uso esporádico del ascensor, depende del propietario del edificio el aplicar durante estos horarios el standby. Por descontado en las horas punta no se hará nunca uso del standby.

#### **2.4.6 USO DE MANIOBRA SELECTIVA PARA REDUCIR VIAJES DEL ASCENSOR**

En edificios con varios ascensores, se tendría que llamar sólo a uno de ellos, no a varios a la vez, para coger el que antes llegue. Para solo consumir energía de uno de ellos, deberían disponer de mecanismos de maniobra selectiva que permiten activar la llamada del ascensor que se encuentre más cerca del punto requerido. El sistema analizaría cuál de los ascensores

es el que debe acudir a atender a esta persona, contemplando el ahorro energético y la calidad del servicio.

Los mecanismos de maniobra selectiva son los encargados de gobernar el funcionamiento del ascensor, dan un servicio y confort adecuados ajustándose a las necesidades reales de cada momento con el mínimo coste energético. Optimizan el tráfico del ascensor reduciendo los tiempos de espera y se atienden las llamadas por una sola cabina.

Con la instalación de maniobras inteligentes que sean capaces de optimizar y controlar la gestión de las llamadas recibidas, podemos alcanzar ahorros de consumo eléctrico de más del 10 %. Con esta tecnología, lo que se consigue son más prestaciones evitando desplazamientos inútiles, lo que supone un ahorro de energía y una mayor duración de los materiales al tener menor desgaste, con el consiguiente beneficio para el medio ambiente.

El mando de los aparatos elevadores, es en general automático. El mando automático se realiza por medio de pulsadores de llamada en cada piso, y una vez dentro de la cabina, accionando el pulsador del piso al que desea subir el pasajero.

La respuesta del ascensor a estas órdenes no es la misma en todos los ascensores, pues mientras en los ascensores con maniobra automática normal no registran ni atienden más que una orden, y hasta que no la cumplimentan no queda en disposición de atender otra, los ascensores de maniobras colectivas registran todas las llamadas que estén de acuerdo con su programa, y las van cumplimentando en el orden adecuado.

Las maniobras más utilizadas son las siguientes:

-Para un solo ascensor:

- Maniobra automática simple o universal. Se registra la primera llamada que se produce y se atiende. Hasta que termina el servicio no admite otra llamada.
- Maniobra simple colectiva en bajada. Los ascensores provistos de esta maniobra, disponen de una memoria que va registrando las órdenes de subida o bajada de los pasajeros de la cabina. En cambio, sólo registra en esa memoria las órdenes de bajada de los pasajeros que esperan en los

pisos, pero no las de subida, salvo la del piso más alto por encima del último registrado por los pasajeros. En resumen, solo atiende las llamadas de los pisos que bajan.

- Maniobra simple colectiva en subida y bajada. Las botoneras colocadas en los pasillos de los pisos poseen dos botones, uno para pedidos de subida y otros para bajada. Con la maniobra simple colectiva en subida y bajada, la cabina no sólo se detiene y recoge pasajeros de pisos en el descenso como hace la maniobra anterior, sino también en la subida. El ascensor atiende las órdenes en sentido lógico.

Las llamadas registradas en sentido contrario se almacenan y se atienden a la finalización del último servicio en el sentido del movimiento.

-Para dos o más ascensores:

- Maniobra duplex. La maniobra dúplex es una verdadera maniobra única para dos ascensores, con la que se logra el máximo rendimiento de ambos aparatos. Con la maniobra dúplex hay una sola botonera en cada piso y sólo se puede llamar a un ascensor. En ésta maniobra acude la cabina que está más cerca. Con ésta maniobra se considera que con dos ascensores se reduce a la mitad los tiempos de espera y se duplica la capacidad de transporte de uno solo.

- Maniobra duplex colectiva en bajada. Esta maniobra es una combinación de la maniobra dúplex y de la simple colectiva en bajada.

Su disposición y funcionamiento es igual a la colectiva en bajada en cuanto a los mandos y señales, y cumplimiento de las órdenes para los pasajeros de las cabinas. La diferencia está en que lleva un mando único en cada piso para los dos ascensores.

En reposo, una cabina esta aparcada en la planta de acceso y la otra en el último piso de servicio, si este último en la planta de acceso se coloca en un piso intermedio. La llamada la atiende la cabina más próxima.

- Maniobra duplex colectiva en subida y bajada. Esta maniobra es una combinación de la maniobra dúplex y de la colectiva en subida y bajada. Cuando no se registran llamadas, las cabinas aparcan como en el caso anterior.

La denominación de duplex se utiliza cuando son dos ascensores y los agrupamos con una sola maniobra. Si son tres, cuatro, etc., la maniobra se denomina tríplex, cuadrúplex, quíntuplex etcétera.

#### **2.4.7 SISTEMA REGENERATIVO DE ENERGIA**

En cuanto a opciones específicas de eficiencia energética para ascensores electromecánicos, la principal la constituyen los Sistemas Regenerativos de la Energía (Sistema regenerativo). Estos equipos permiten la devolución de la energía a la red cuando el movimiento de la cabina se produce en la dirección gravitatoriamente favorable (por el balance de carga entre cabina y contrapeso) que posibilita el funcionamiento del ascensor como máquina generadora. Esta energía puede ser empleada en la alimentación de otros equipos e instalaciones del edificio próximos al ascensor o en iluminar la cabina del mismo.

El motor funciona como generador cuando la velocidad de giro del rotor pasa a ser ligeramente superior a la que le corresponde según, la frecuencia de alimentación (velocidad de sincronismo) lo que se denomina deslizamiento positivo. Este caso se da en las subidas en ascensores electromecánicos, siempre que el peso del contrapeso sea superior a la suma del peso de la cabina más el peso de la carga transportada. También sucede cuando el ascensor baja con la cabina llena. En el primer caso, el motor retiene el ascenso de la cabina que es impulsada por el mayor peso del contrapeso y en segundo caso el motor retiene el descenso de la cabina ya que ésta pesa más que el contrapeso.

Cuando el sistema ésta equilibrado, tanto en el lado de la cabina como la del contrapeso, durante el movimiento del ascensor sólo hay pérdidas de rozamiento, pero durante la aceleración se requiere de un par importante con su correspondiente consumo de energía, y durante la desaceleración habrá un desperdicio de energía en forma de calor producido en la resistencia de frenado.

Para recuperar la energía que se disipa en forma de calor, se podría utilizar una fuente de alimentación regenerativa para el variador o

convertidor estático de frecuencia de forma que cuando la tensión aumenta por efecto del trabajo como freno, devuelva la energía a la red, o para aprovecharla para la propia iluminación de cabina e incluso iluminación de los cuartos de máquinas.

También se podría utilizar para alimentar a una batería de condensadores, con el objetivo de almacenar la energía generada durante la frenada, para después poder utilizarla en la aceleración. En estos casos el rendimiento energético del ascensor será óptimo, ya que se aprovecha la energía cinética de las masas en movimiento durante los recorridos en subida con poca carga o en bajada a plena carga.

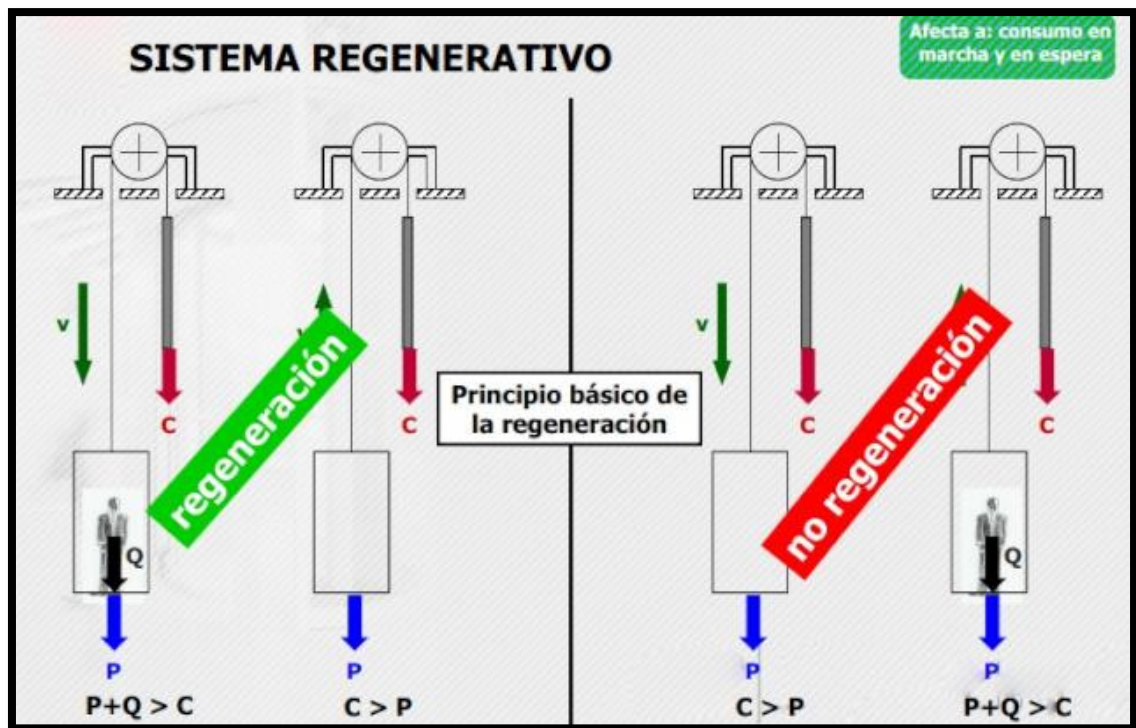


Figura 2.10. Distintas situaciones sistema regenerativo

El sistema regenerativo presenta las siguientes particularidades y desventajas:

- Al estar constituido por una diversidad de componentes eléctricos y electrónicos tiene su propio consumo eléctrico adicional. Esto es particularmente negativo en las fases de reposo o de marcha sin posibilidad de regeneración del ascensor. Esta adversidad se puede

paliar parcialmente por la incorporación en el equipo regenerativo de un modo de funcionamiento "STOP" que reduce su consumo energético cuando no se realiza ningún servicio.

- La propia eficiencia del equipo regenerativo tiene un límite superior del 65% de la potencia nominal de la máquina tractora. Además este límite sólo puede ser alcanzado con grupos tractores gearless, síncronos y de imanes permanentes. Esto constituye una severa limitación en su campo de aplicación.
- Para que la generación de energía sea efectiva se precisan además tres requisitos muy severos: que el ascensor posea gran carga nominal, largo recorrido y elevado nivel de uso (tráfico). Estas condiciones se traducen en 1000 kg de carga ó superior, 30 m (10 paradas) ó superior y 750 viajes día ó superior (categoría 5, según VDI). Esto supone una aplicación restringida a edificios de uso público, de gran población y de considerable altura. Queda pues excluido su uso en el sector residencial privado, que constituye un elevado porcentaje de ascensores.

Sólo con el cumplimiento simultáneo de las condiciones mencionadas anteriormente, el uso de Sistemas Regenerativos de la Energía permite un ahorro energético de hasta un 40% frente al mismo equipo sin dicho sistema.



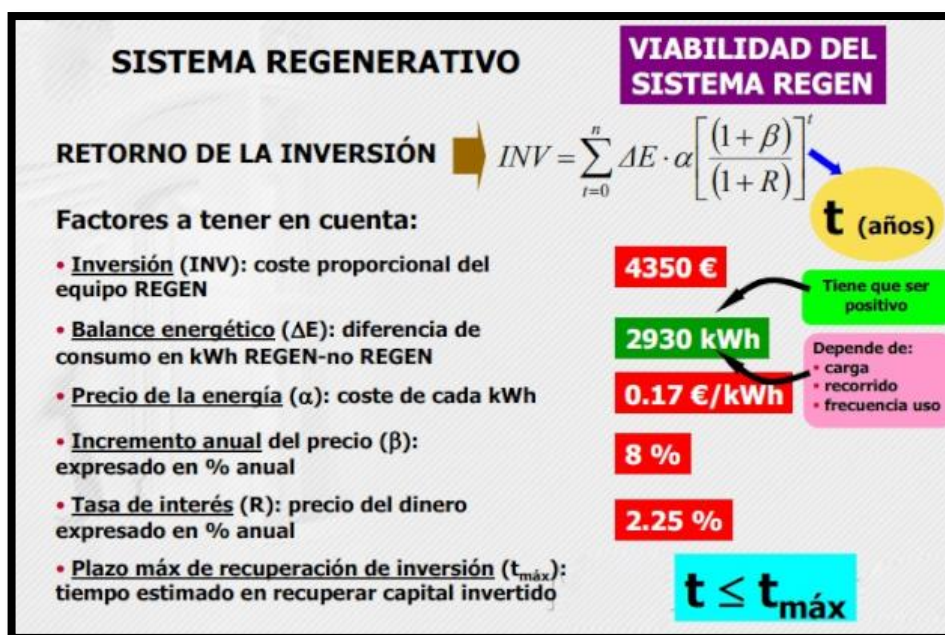


Figura 2.11. Retorno de la inversión sistema regenerativo.

Para que un sistema regenerativo sea viable económicamente el tiempo máximo de retorno de la inversión no debe ser mayor de 10 años.

## 3. APLICACION DE MEJORA ENERGETICA. ESTUDIO COMPARATIVO

### 3.1. INTRODUCCION

Una vez presentadas las distintas opciones de mejora de la eficiencia energética en ascensores vamos a proceder a la aplicación de estas mejoras en distintas instalaciones de ascensores. Mediante la herramienta MP Efficiency proporcionada por MP Ascensores realizaremos un estudio comparativo de ascensores eficientes y ascensores no eficientes. Este programa es capaz de estimar el consumo en KWh año (Kilo Watios Hora /Año) de cada ascensor en base a sus características. Mediante esta herramienta podemos clasificar cada ascensor según su categoría VDI 4707.

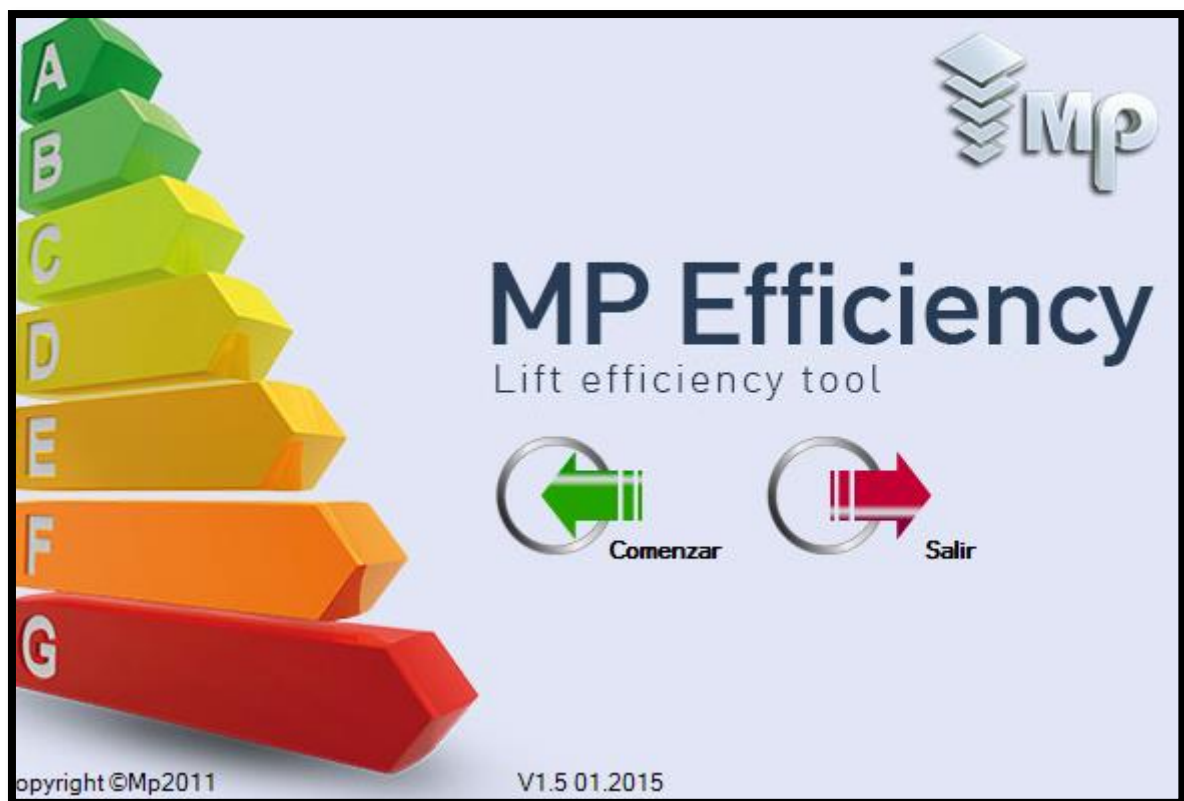
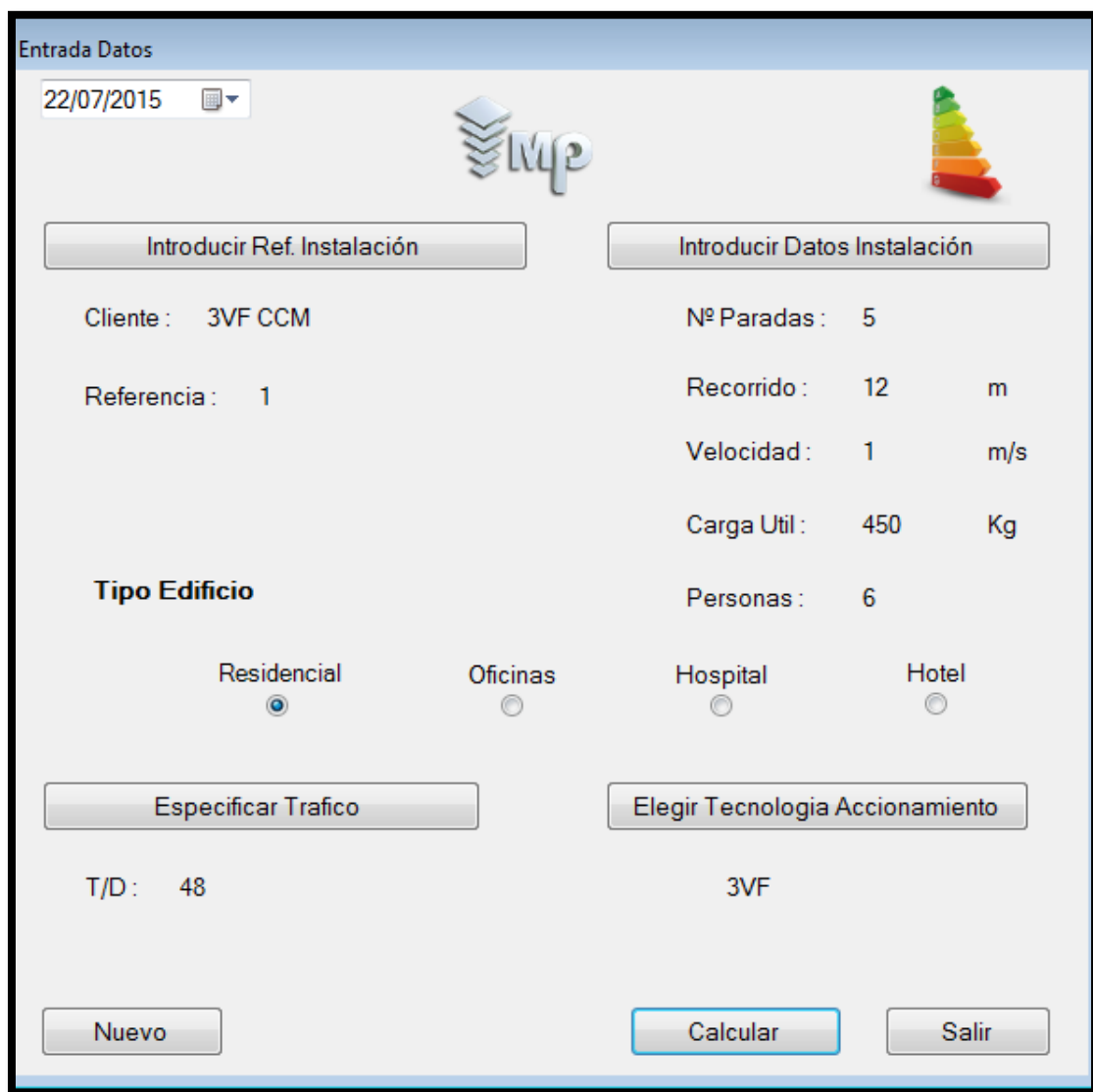


Figura 3.1. Portada del programa MP Efficiency

## 3.2. ESTUDIO PRIMERO

### 3.2.1 TECNOLOGIA CON REDUCTOR

En este primer estudio el ascensor de partida dispone de cuarto de máquinas con tecnología VVF con reductor. Está instalado en un edificio residencial de 5 paradas y un recorrido de 12 metros. La carga es de 450 kilos que corresponden a 6 pasajeros, la velocidad del ascensor es de 1 m/s. En la figura 3.1 aparece seleccionado este ascensor a través del programa MP Efficiency.



The screenshot shows the 'Entrada Datos' (Data Entry) window of the MP Efficiency software. The interface includes a date field set to 22/07/2015, the MP logo, and an energy efficiency icon. Two main buttons at the top are 'Introducir Ref. Instalación' and 'Introducir Datos Instalación'. The data is organized into two columns. The left column contains 'Cliente : 3VF CCM', 'Referencia : 1', and a 'Tipo Edificio' section with four radio buttons: 'Residencial' (selected), 'Oficinas', 'Hospital', and 'Hotel'. The right column contains 'Nº Paradas : 5', 'Recorrido : 12 m', 'Velocidad : 1 m/s', 'Carga Util : 450 Kg', and 'Personas : 6'. At the bottom, there are two more buttons: 'Especificar Trafico' and 'Elegir Tecnologia Accionamiento'. Below these, the values 'T/D : 48' and '3VF' are displayed. At the very bottom, there are three buttons: 'Nuevo', 'Calcular' (highlighted with a blue border), and 'Salir'.

| Field         | Value       |
|---------------|-------------|
| Fecha         | 22/07/2015  |
| Cliente       | 3VF CCM     |
| Referencia    | 1           |
| Tipo Edificio | Residencial |
| Nº Paradas    | 5           |
| Recorrido     | 12 m        |
| Velocidad     | 1 m/s       |
| Carga Util    | 450 Kg      |
| Personas      | 6           |
| T/D           | 48          |
| Tecnología    | 3VF         |

Figura 3.1

En la figura 3.2 aparecen los resultados de consumo energético, en este caso el ascensor tiene un consumo total de 1261 KWh anual.

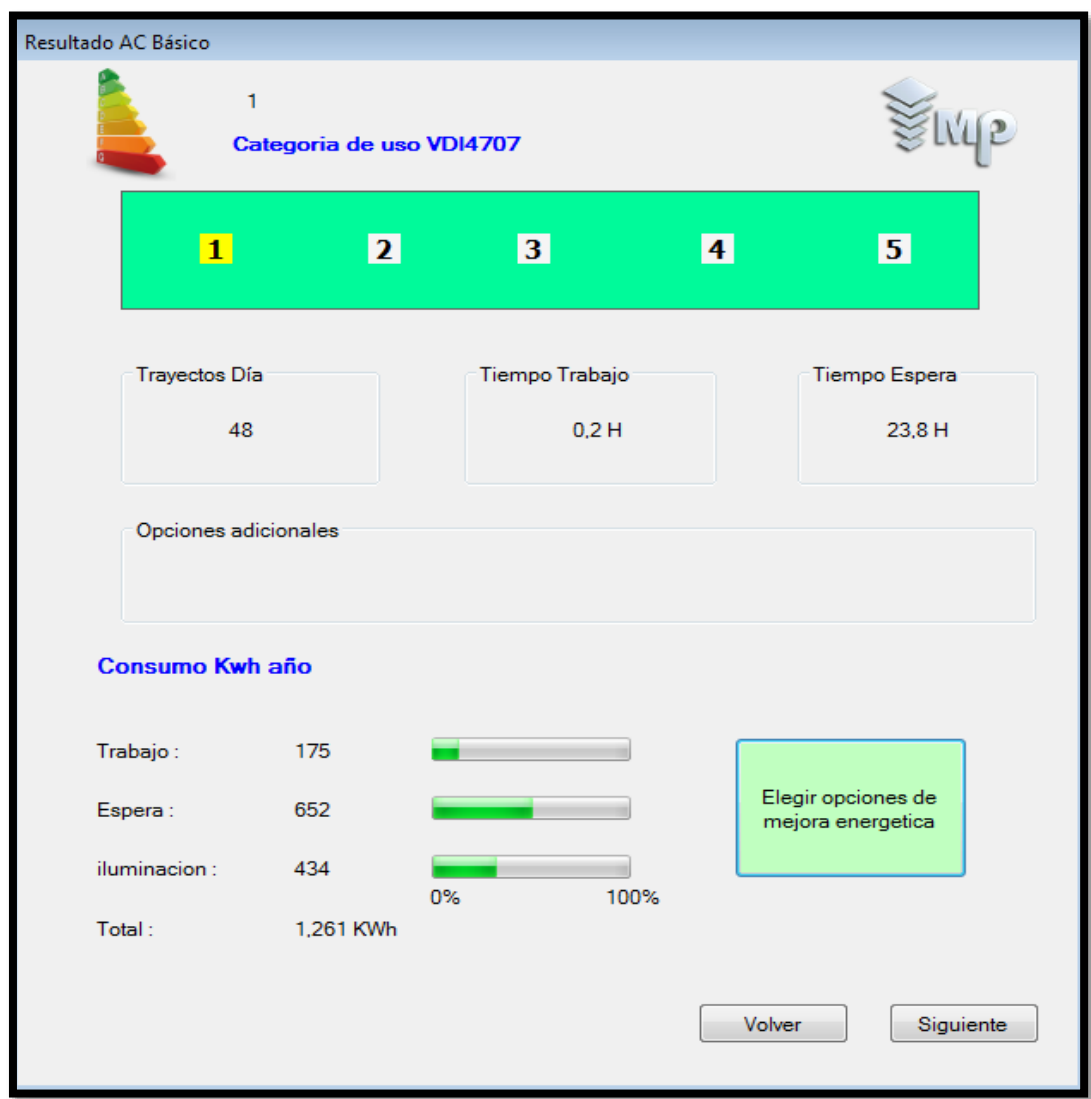


Figura 3.2

Se observa que el mayor consumo es debido al tiempo en espera, concretamente el 51.7%, la otra gran parte, el 34.4 % del consumo total es debido a la iluminación.

En la siguiente figura, la 3.3 observamos que la categoría VDI 4707 del ascensor es “C”.

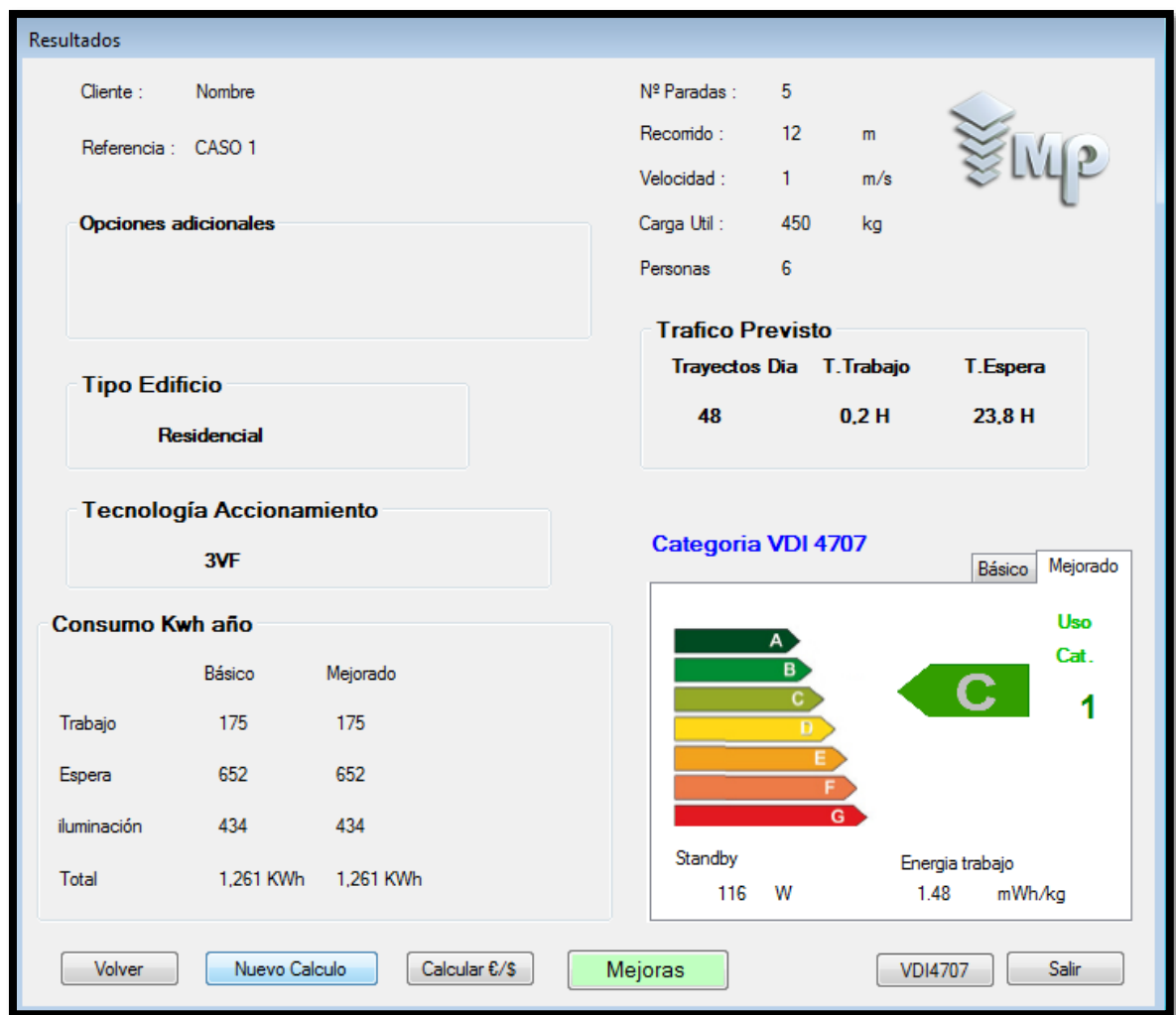


Figura 3.3

Vamos a aplicar la primera mejora, la sustitución de la iluminación tradicional por iluminación LED.

Como podemos observar en la figura 3.4 gracias a esta mejora hemos reducido el consumo relativo a iluminación en un 41.9% redundando en un descenso del consumo final en un 14%.

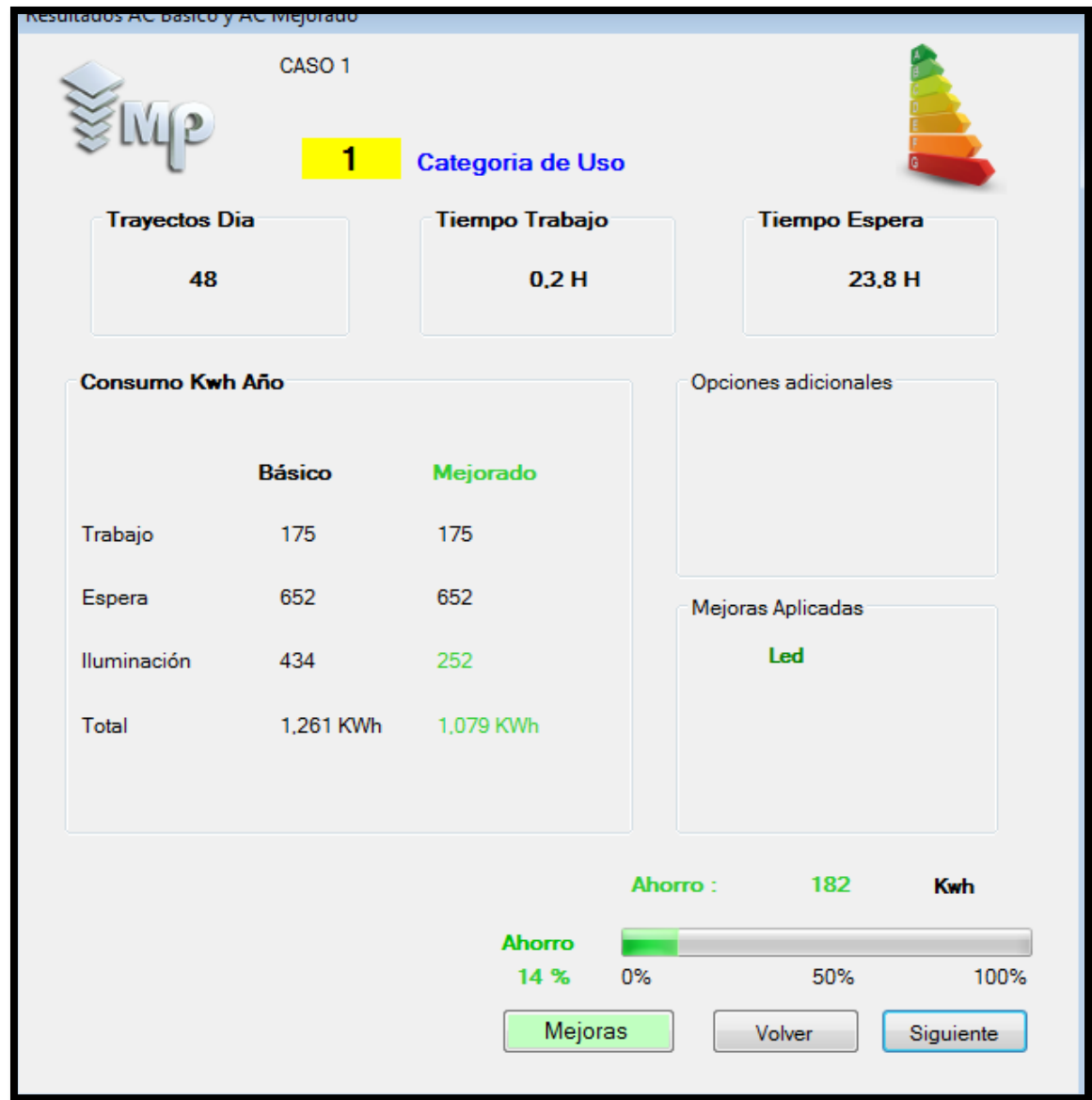


Figura 3.4

La siguiente mejora adicional a la iluminación LED es la instalación de luz temporizada en cabina.

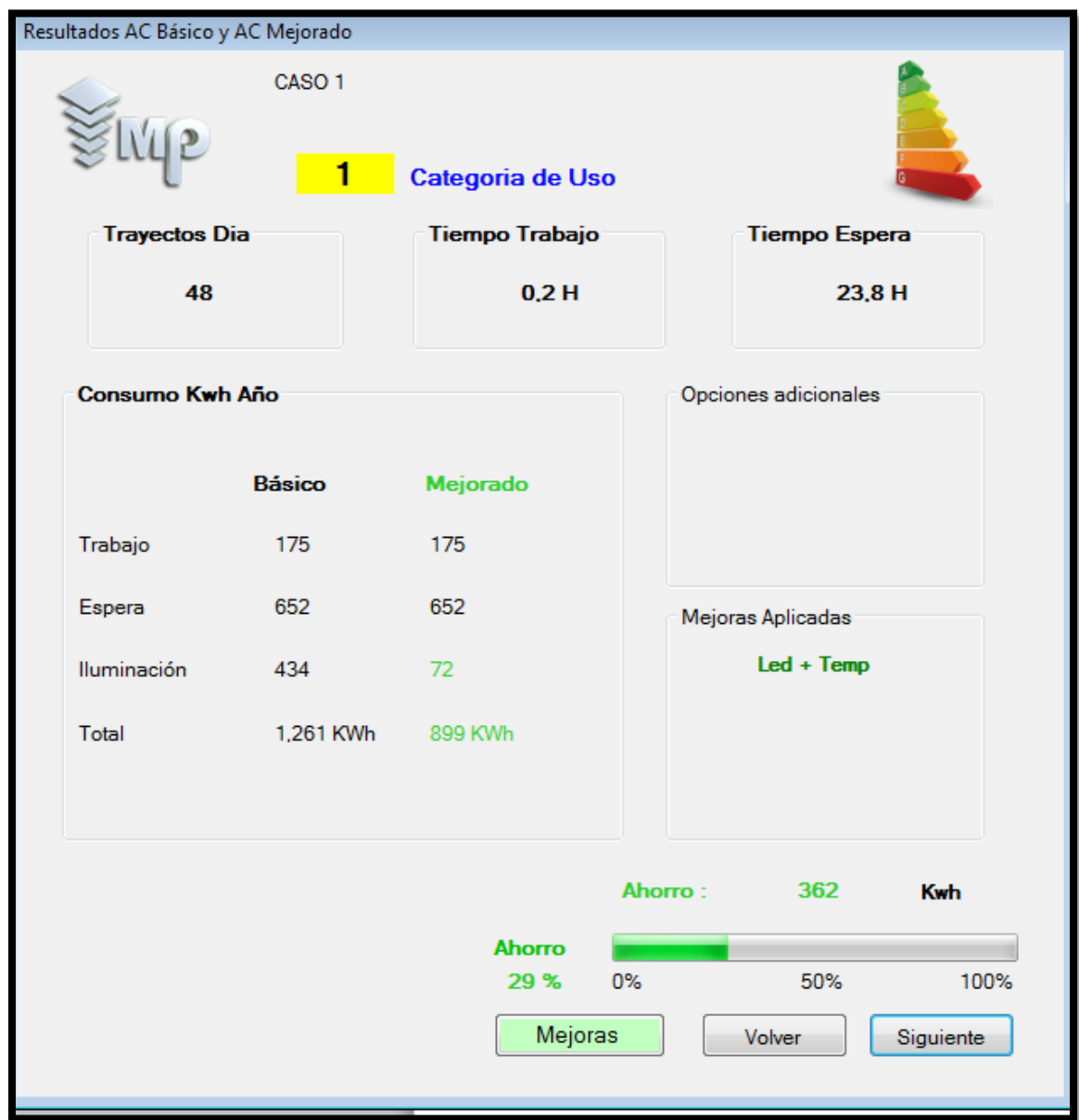


Figura 3.5

Con la suma de estas dos mejoras hemos reducido el consumo relativo a la iluminación en un 83% redundando en un descenso del consumo final en un 29%.

La última mejora aplicable a este ascensor es la implementación en la maniobra de un módulo Stand-by.

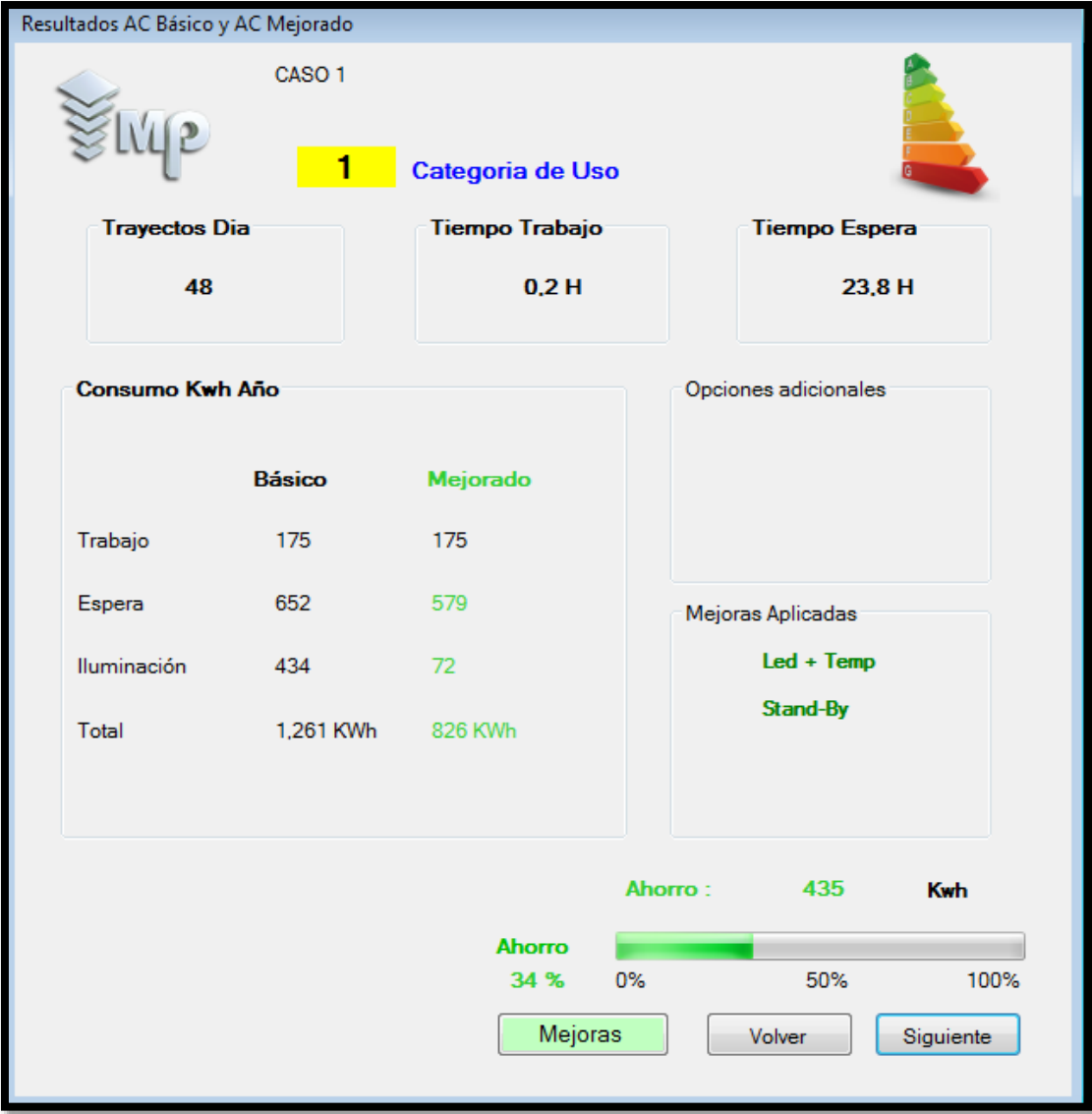


Figura 3.6

La reducción del consumo durante el tiempo de espera según la figura 3.6 ha sido del 11.12%. EL ahorro total y final ha sido de un 34%.



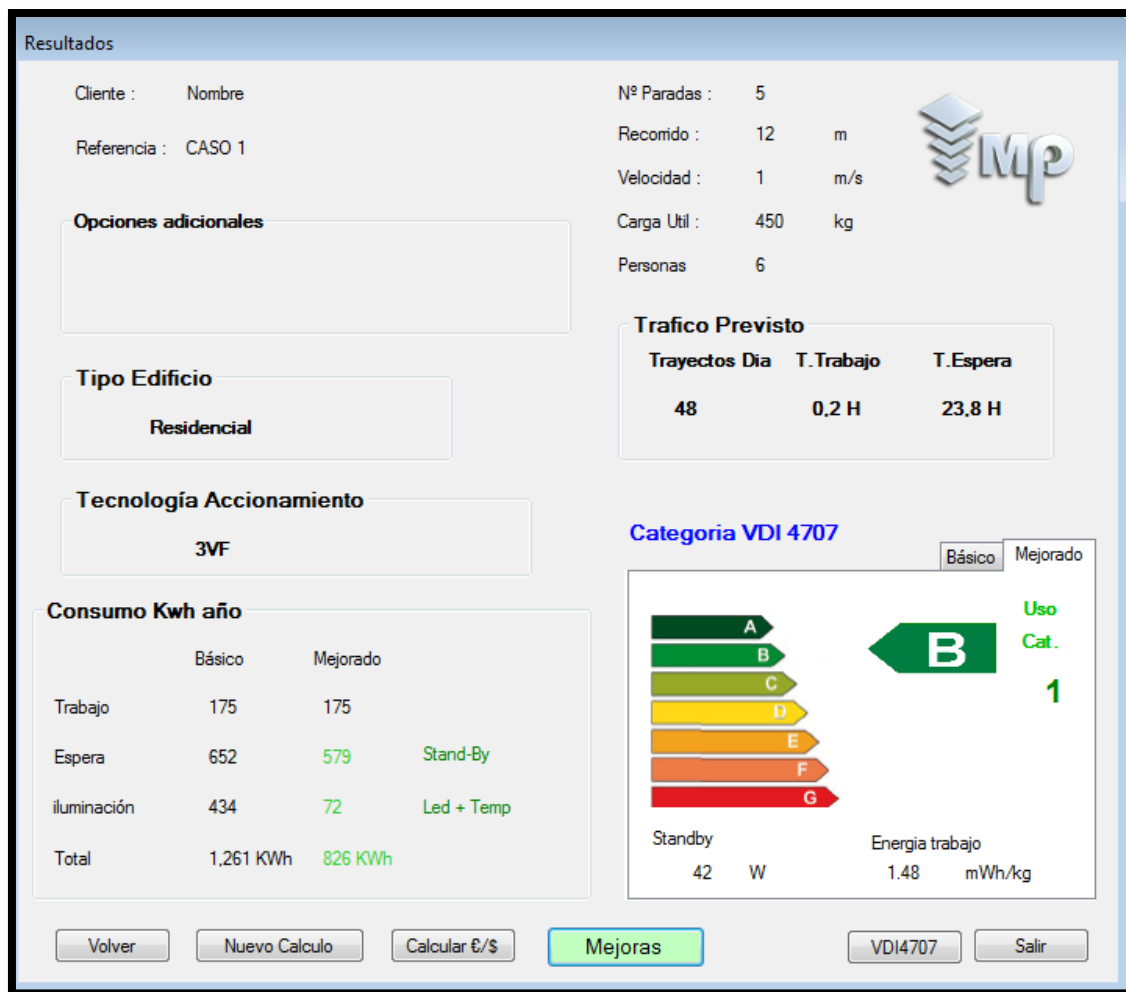


Figura 3.7

Según la figura 3.7. Nuestro ascensor ha cambiado de categoría VDI 4704 pasando de la "C" a la categoría "B"

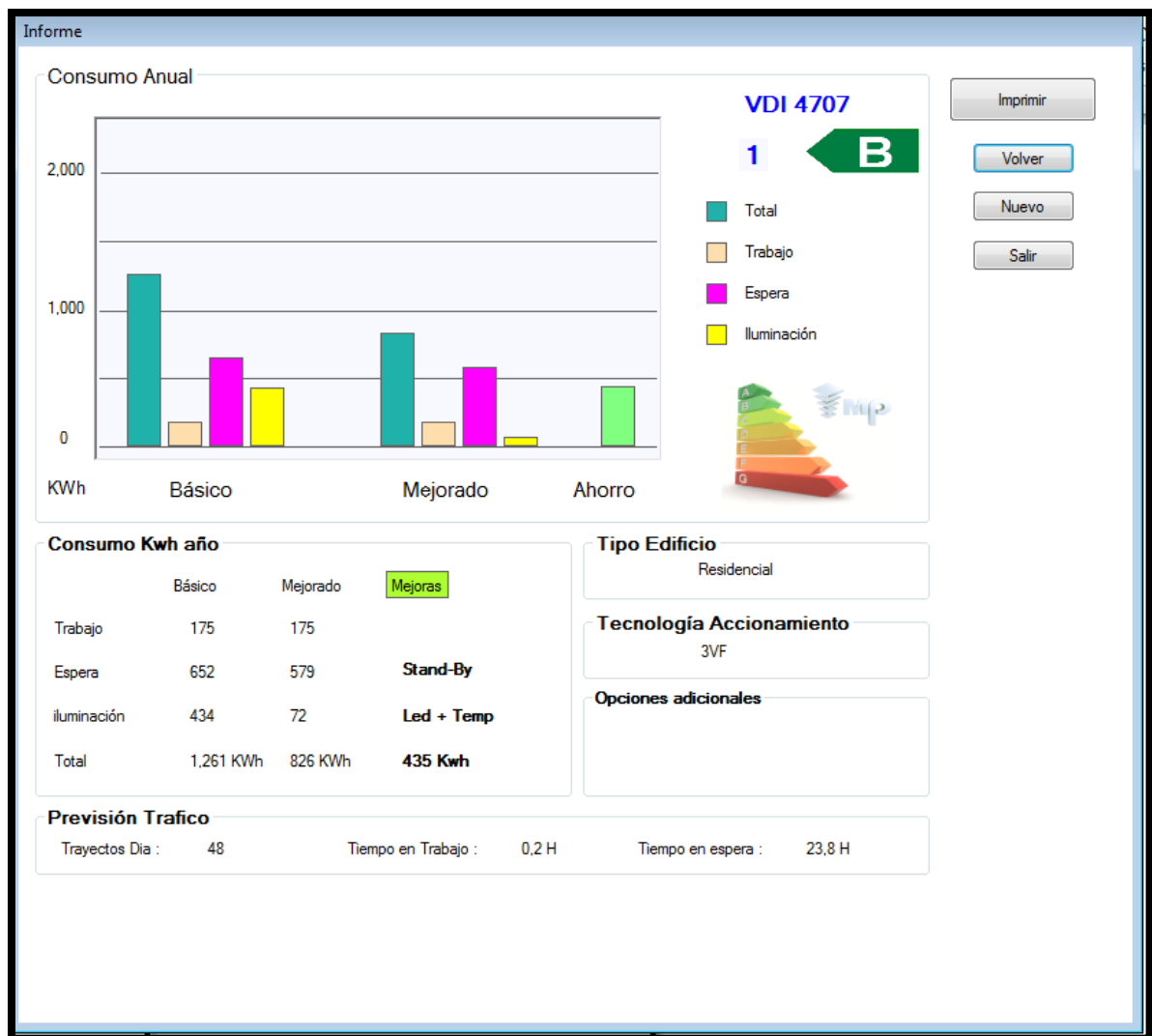


Figura 3.8. Comparativa consumos con las mejoras de eficiencia aplicadas en la instalación

Gracias a la aplicación de las mejoras de luz led + temporizada + Stand-By. Hemos bajado el consumo final anual en 435 KWh.

Según la UNESA (Asociación Española de la Industria Eléctrica) la emisión de media eléctrica de CO<sub>2</sub> es de 300 gramos cada KWh, un ahorro de 435 KWh anual implica un descenso anual de emisiones de CO<sub>2</sub> de 130.5 Kilos. Estimando un coste del KWh de 0.2 Euros, tenemos un ahorro anual de 87 euros.

### 3.2.2 TECNOLOGIA GEARLESS

Vamos a comparar el anterior ejemplo VVF con reductor con la instalación de un ascensor Gearless.

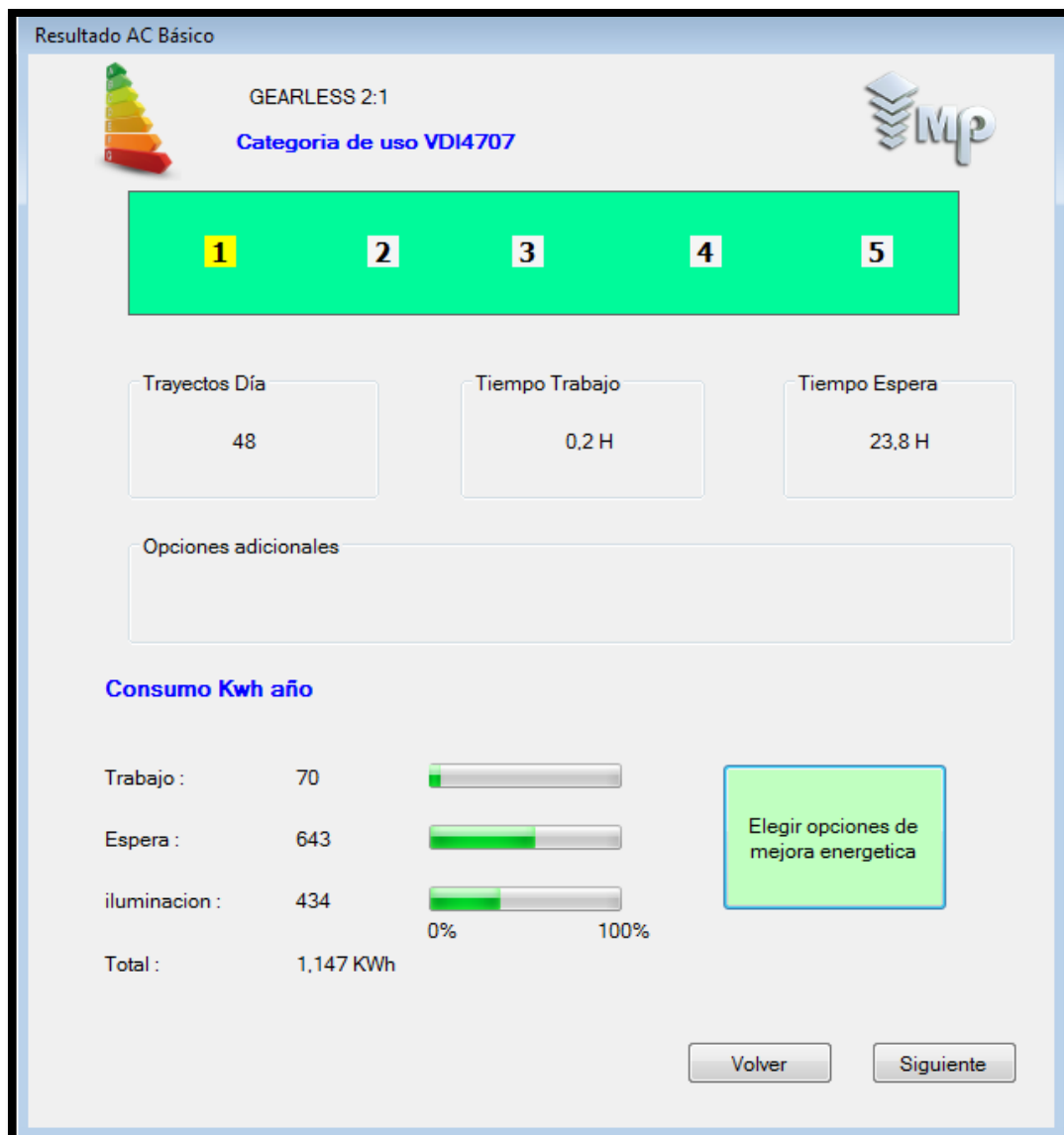


Figura 3.9

Según la figura 3.9 el ascensor tiene un consumo de 1147 KWh anuales.

Aplicando las mejoras de luz led más luz temporizada y Stand-by según la figura 3.10 obtenemos un ahorro del 38% bajando hasta un consumo anual de 715 KWh.

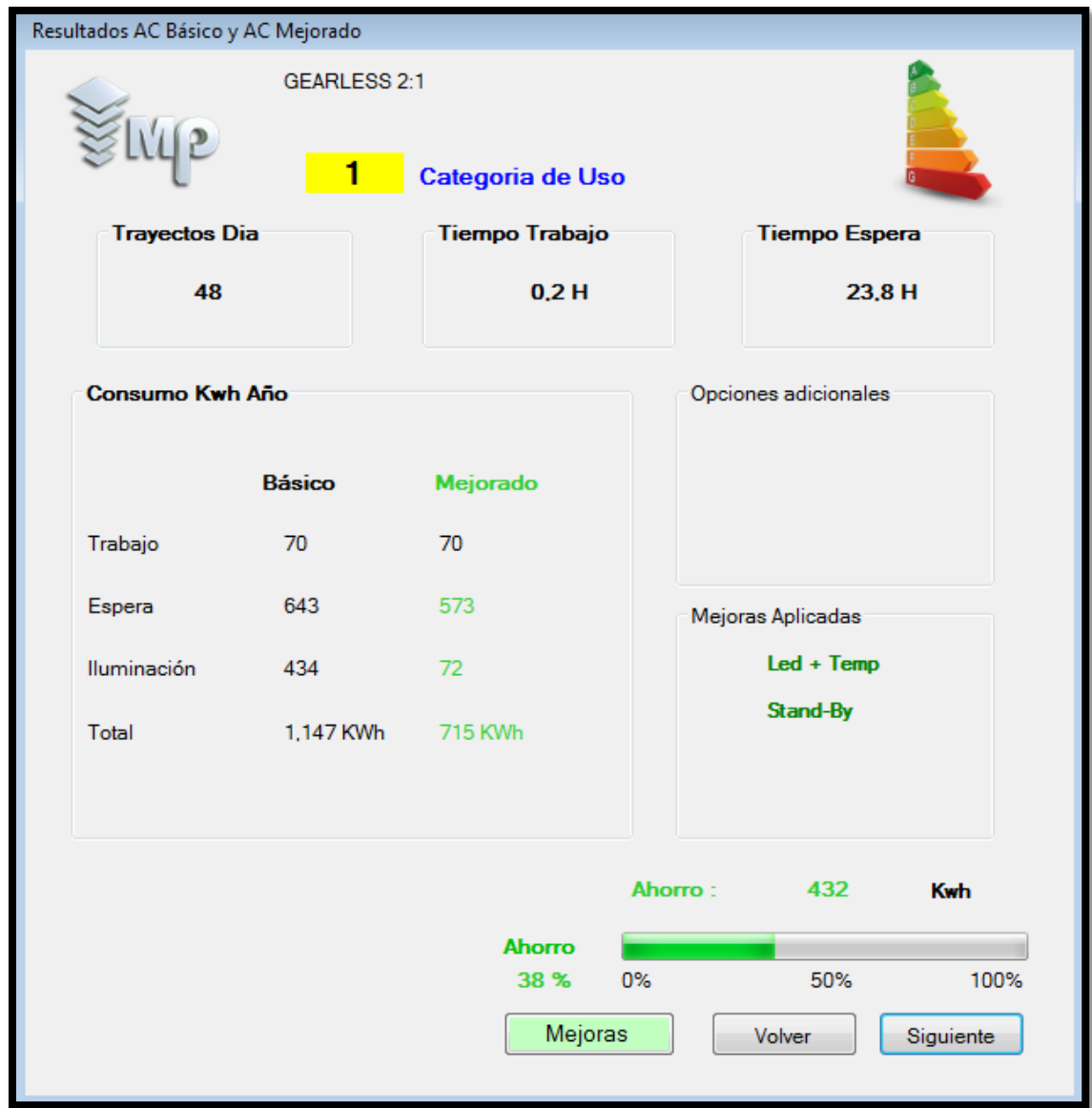


Figura 3.10

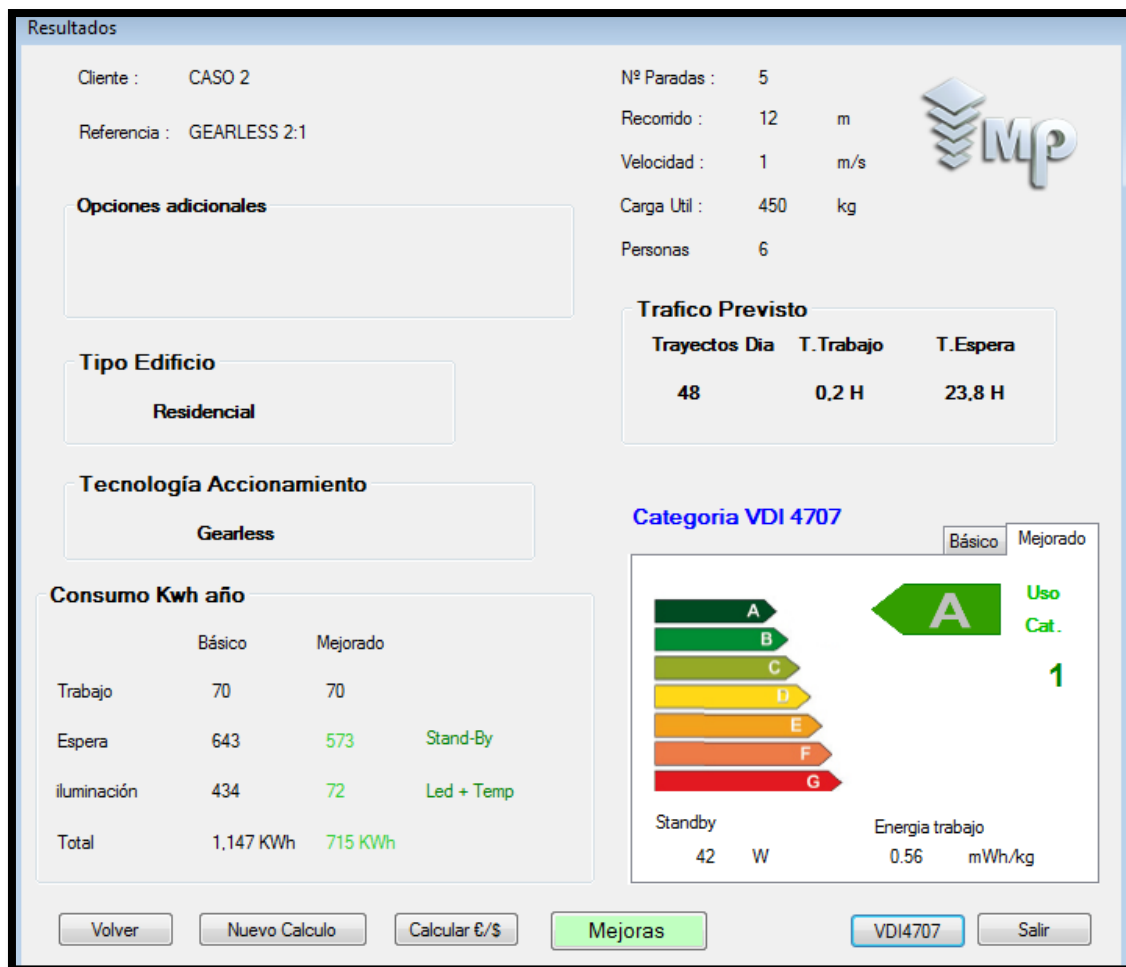


Figura 3.11

Tal y como vemos en la figura 3.11 el ascensor gracias a la tecnología Gearless y a las mejoras de consumo aplicadas logra una categoría VDI 4707 "A".

Por último vamos a aplicar la última mejora de eficiencia energética aplicable a este ascensor Gearless, el módulo Regenerativo. Como podemos observar en la figura 3.12 en este caso no es ventajoso el uso del sistema regenerativo. Podemos observar que el consumo durante el periodo de trabajo del ascensor se reduce, pero el consumo en espera aumenta considerablemente. El balance final es negativo, es decir, el módulo regenerativo genera más consumo en el tiempo de espera que el que ahorra durante el tiempo de trabajo del ascensor. Para que sea rentable

este sistema es necesario que el ascensor tenga más paradas y un uso más intensivo, es decir, un hotel, oficinas, hospitales.

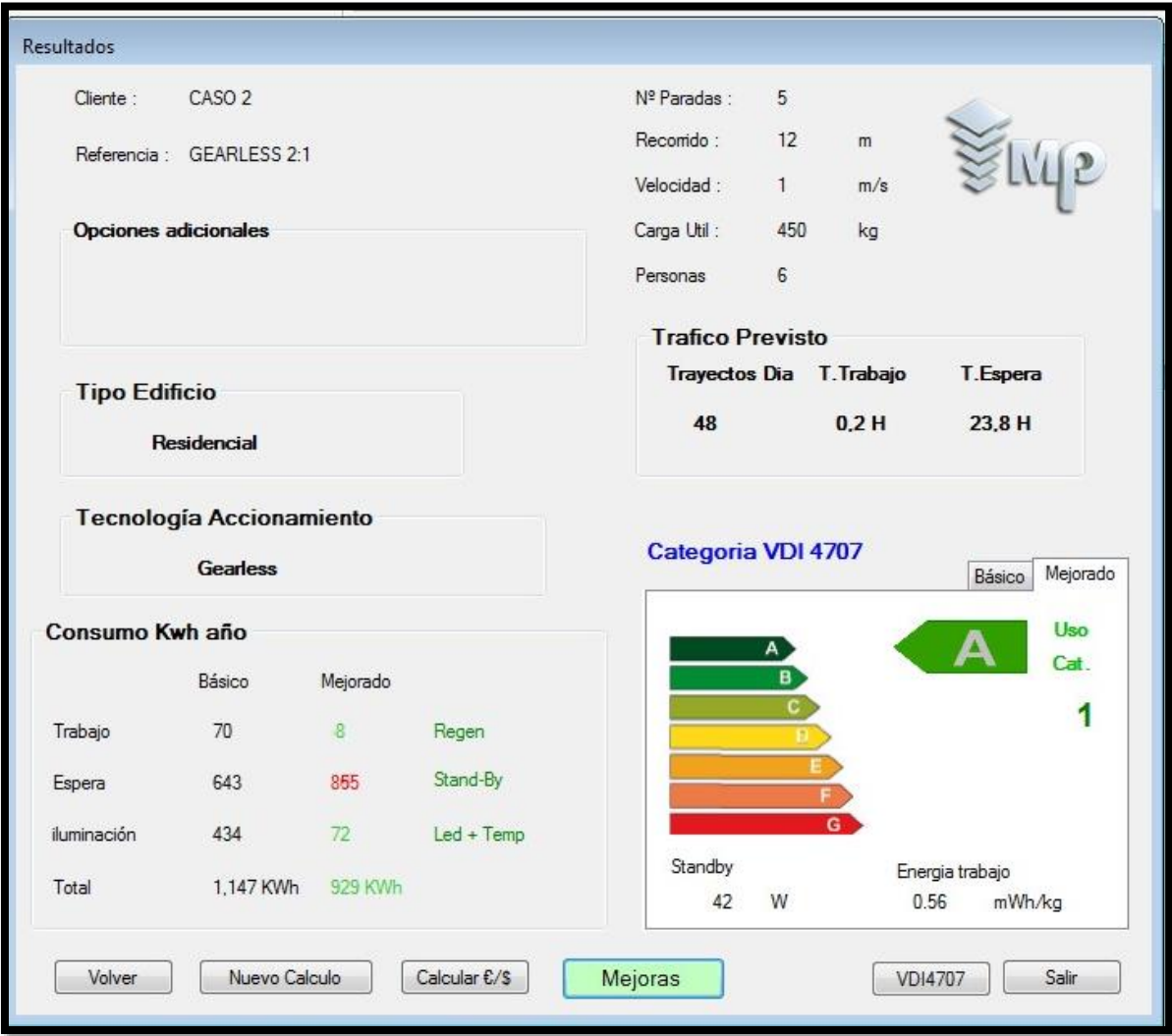


Figura 3.12

### 3.2.3 ANALISIS DE RESULTADOS

|                   | CONSUMO KWh | EMISION CO2 Kg | COSTE € | Δ CONSUMO KWh | Δ CO2 Kg | Δ COSTE € |
|-------------------|-------------|----------------|---------|---------------|----------|-----------|
| REDUCTOR          | 1261        | 378,3          | 252,2   | 0             | 0        | 0         |
| REDUCTOR MEJORADO | 826         | 247,8          | 165,2   | 435           | 130,5    | 87        |
| GEARLESS          | 1147        | 344,1          | 229,4   | 114           | 34,2     | 22,8      |
| GEARLESS MEJORADO | 715         | 214,5          | 143     | 546           | 163,8    | 109,2     |

Tabla 3.1

En la tabla 3.1 tenemos una comparativa entre el ascensor con tecnología con reductor, gearless y sus respectivas mejoras. Podemos observar las mejoras obtenidas tanto en consumo energético, como en reducción de la emisión de CO<sub>2</sub> y en la reducción de la factura final.


Si tenemos un ascensor existente en una comunidad de propietarios de estas características, con reductor convencional, iluminación tradicional, sin temporizar y sin Stand-by, con unas pequeñas mejoras podemos ahorrarnos 87 euros anuales. El coste de la implementación de estas mejoras sería compensado en el plazo de 2-3 años por lo que es una mejora fácilmente aplicable a un elevado número de ascensores en España. Si queremos ahorrar instalando un ascensor gearless mejorado en lugar del existente vemos que los 109 euros de ahorro anual nunca compensarían el elevado coste de reformar el ascensor. La reducción del consumo por sí sola no compensa el coste de la modernización a gearless.

### 3.3. ESTUDIO SEGUNDO

#### 3.1 TECNOLOGIA CON REDUCTOR

En este segundo estudio el ascensor de partida dispone de cuarto de máquinas con tecnología VVF con reductor. Está instalado en un edificio residencial de 15 paradas y un recorrido de 42 metros. La carga es de 630 kilos que corresponden a 8 pasajeros, la velocidad es de 1 m/s. En la figura 3.13 aparece seleccionado este ascensor en el programa MP Efficiency.

Datos Instalacion



Nº Paradas: 15

Recorrido: 42 m

Velocidad: 1 m/s

Carga Util: 630 kg

Personas: 8

Opciones adicionales

☐ Pre-apertura

☐ Doble embarque

Huida

☐ EN81-21 (reducido)

☒ 95/16/CE (estandar)

Foso

☒ 95/16/CE (estandar)

☐ EN81-21 (reducido)

OK

Figura 3.13



Está englobado en la categoría 3 VDI 4707 con una media de 360 trayectos al día tal y como indica la figura 3.14. Equivale a un edificio residencial que da servicio a 50 viviendas.

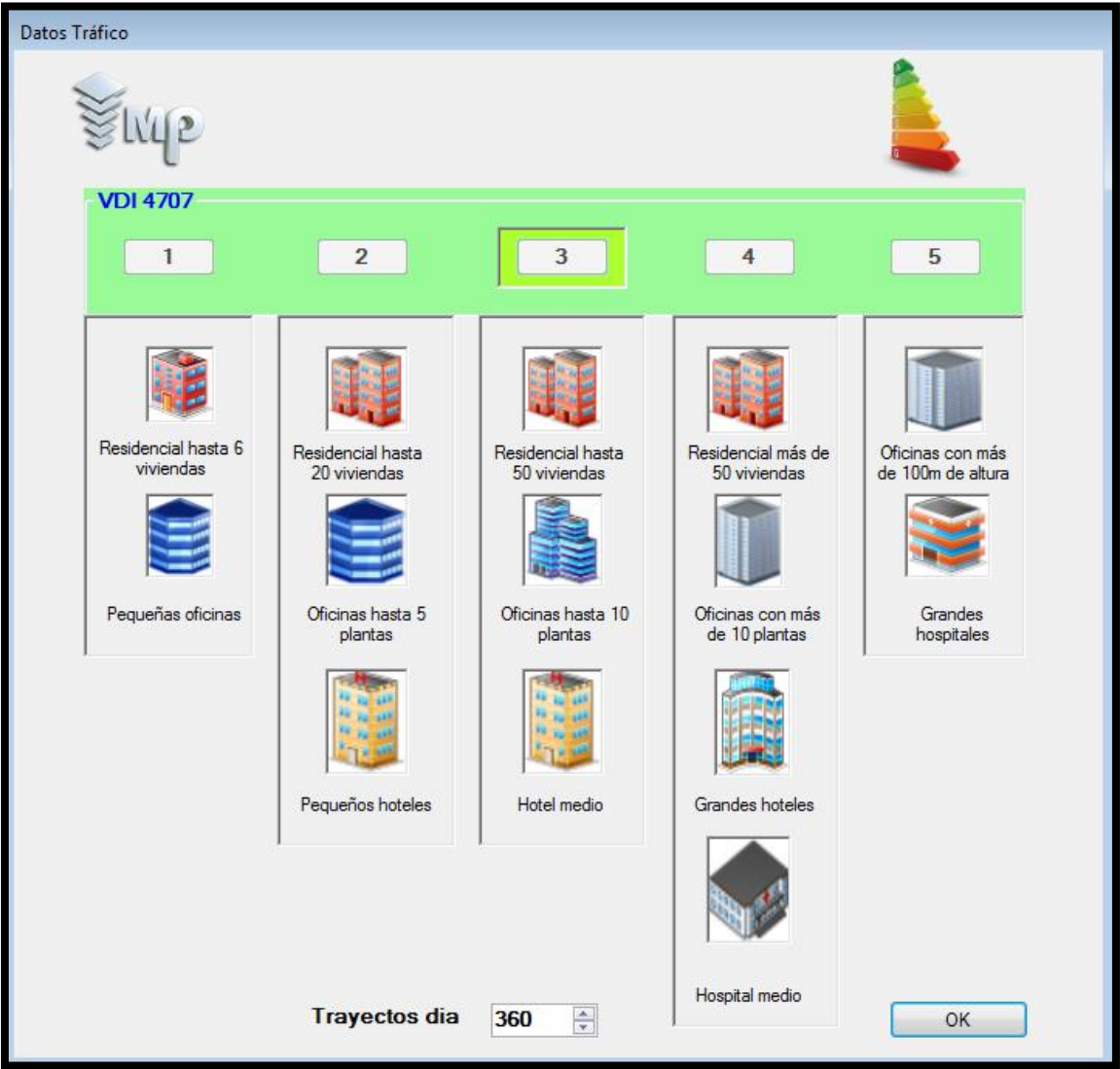


Figura 3.14

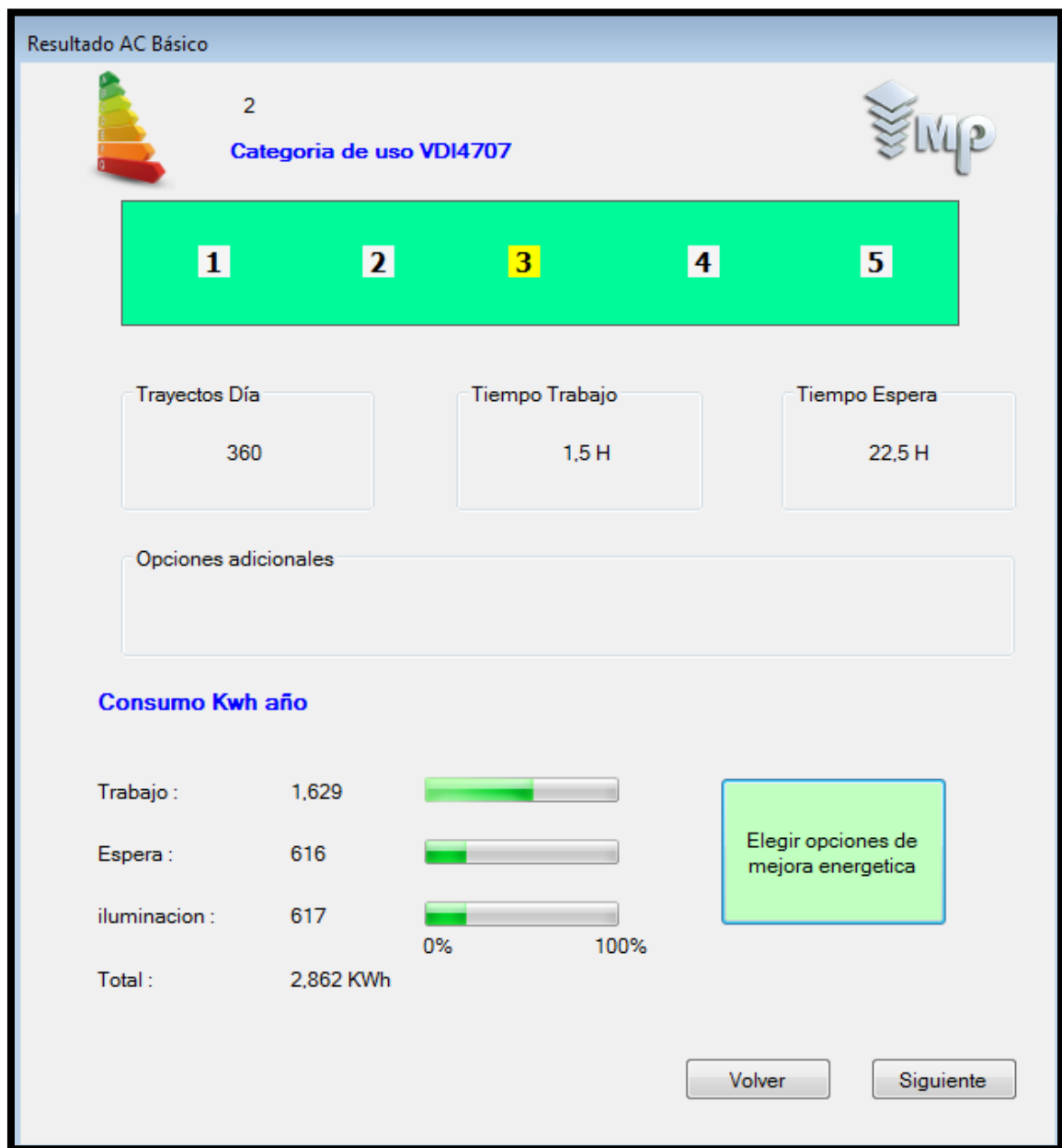


Figura 3.15

En este caso vemos que el mayor consumo energético es mayor durante los periodos de trabajo del ascensor. El consumo anual es de 2862 KWh. La categoría VDI 4707 de este ascensor es "C".

Aplicando las mejoras energéticas de luz led, luz temporizada y stand-by el consumo se reduce en un 21% pasando de 2862 KWh a 2260 KWh. Ver figura 3.16.

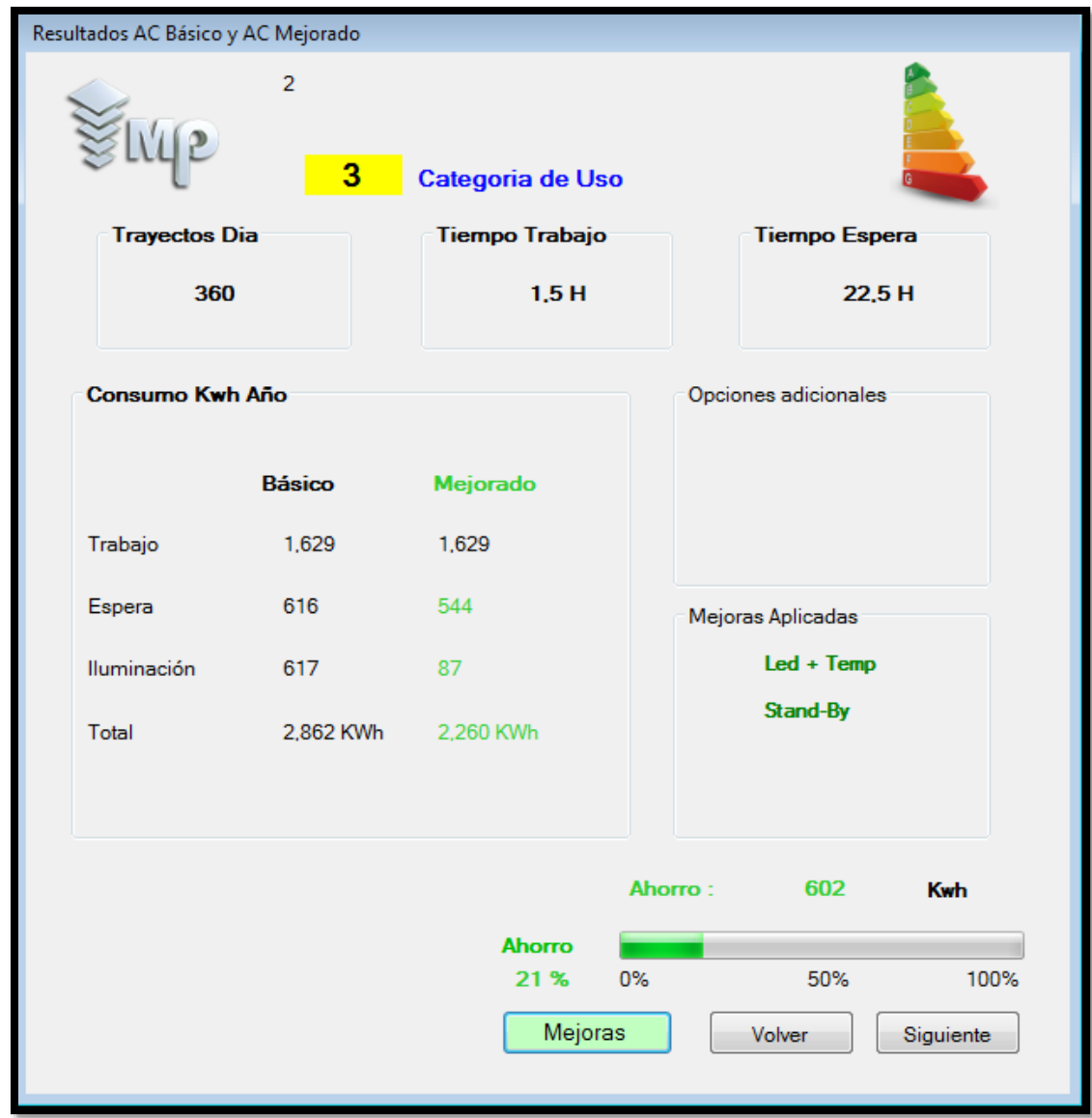


Figura 3.16

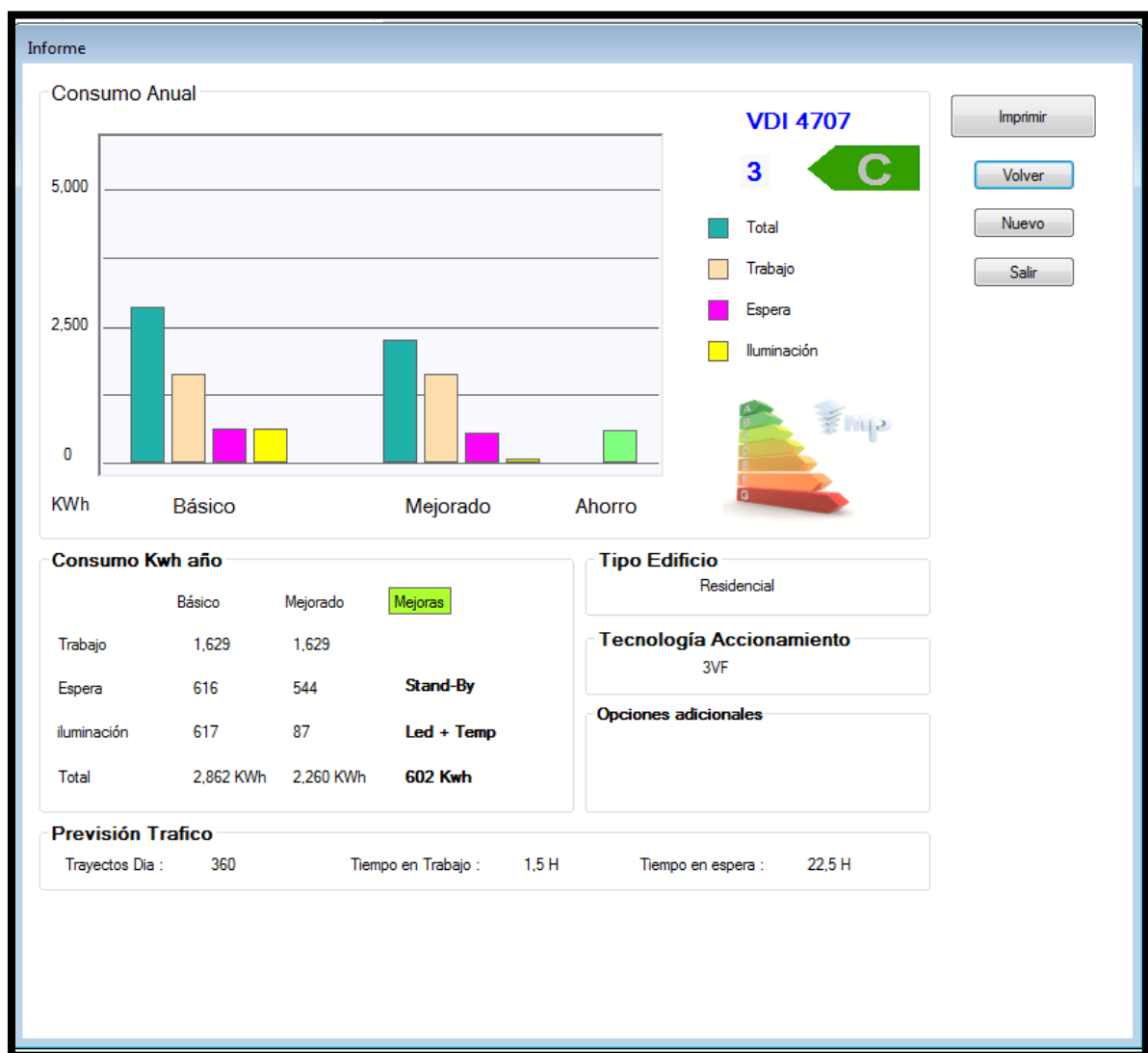


Figura 3.17. Comparativa consumos con las mejoras de eficiencia aplicadas en la instalación.

Gracias a la aplicación de las mejoras de luz led + temporizada + Stand-By. Hemos bajado el consumo final anual en 602 KWh. La categoría VDI 4707 sigue siendo "C".

Un ahorro de 602 KWh anual implica un descenso anual de emisiones de CO<sub>2</sub> de 180.6 Kilos.

Estimando un coste del KWh de 0.2 Euros, tenemos un ahorro anual de 120.4 euros.

### 3.3.2 TECNOLOGIA GEARLESS

Vamos a comparar el anterior ejemplo VVF con reductor con la instalación de un ascensor Gearless.

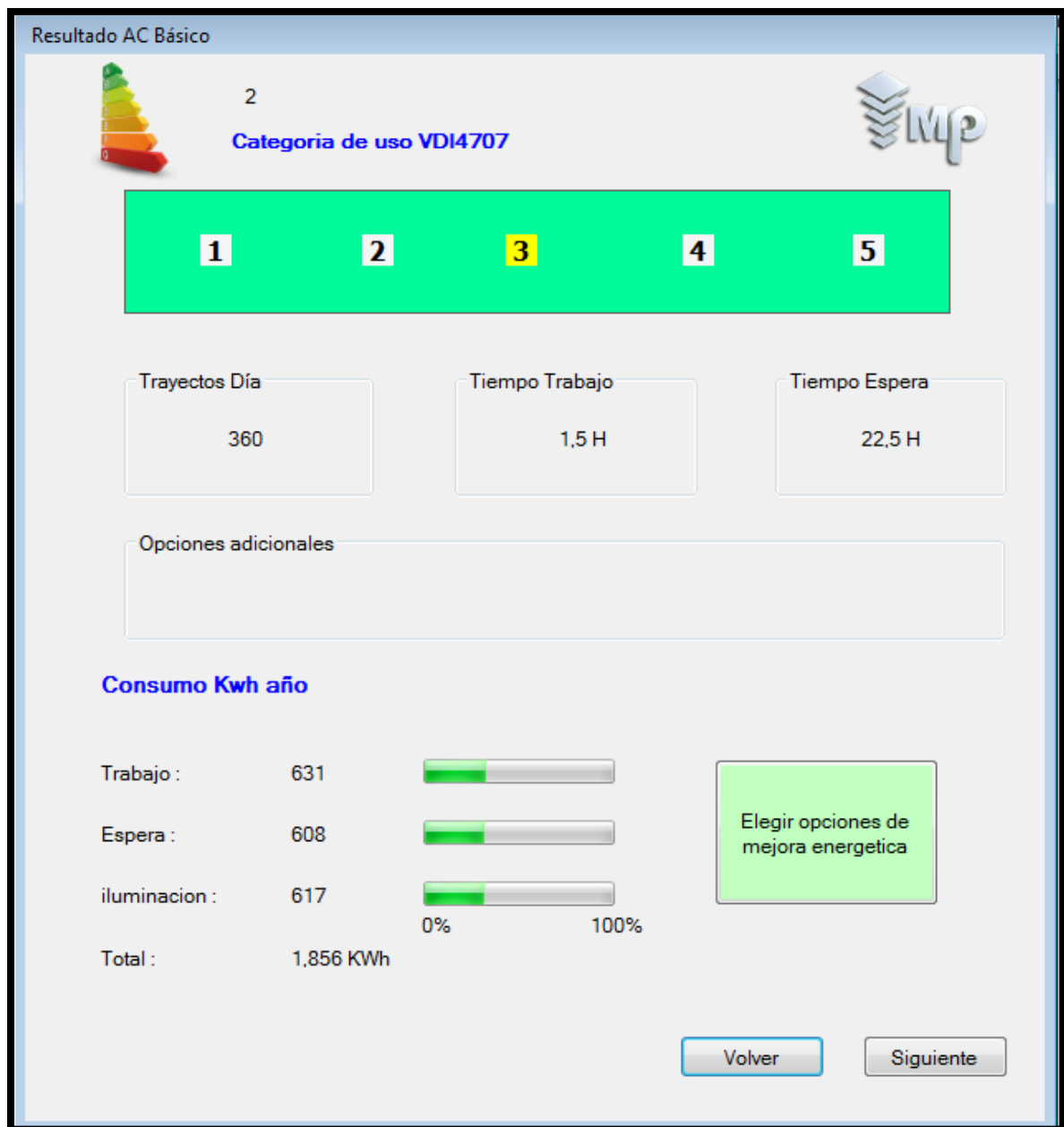


Figura 3.18

Según la figura 3.18 el ascensor tiene un consumo de 1856 KWh anuales.

Aplicando las mejoras de luz led más luz temporizada y Stand-by según la figura 3.19 obtenemos un ahorro del 32% bajando hasta un consumo anual de 1256 KWh.

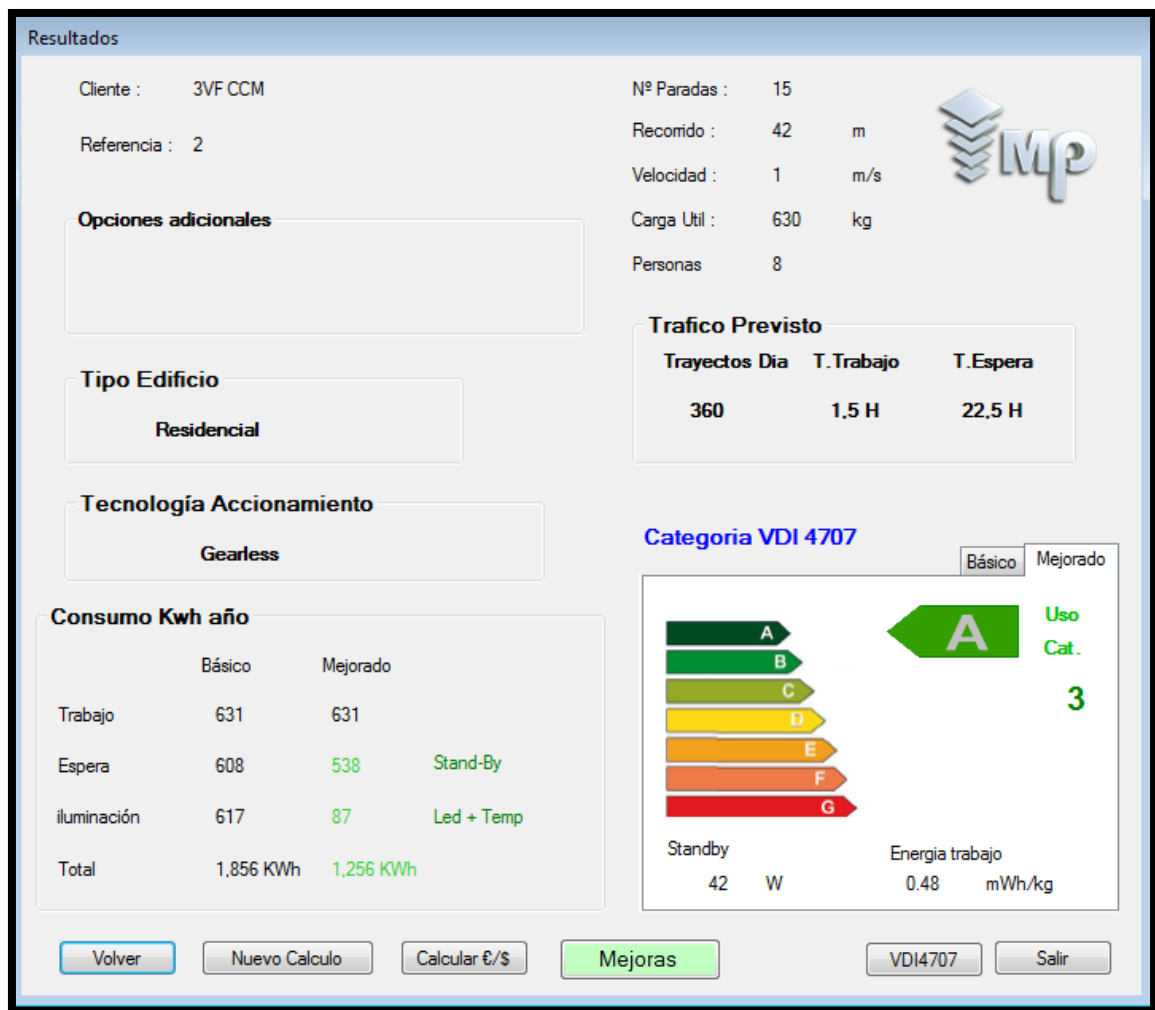


Figura 3.19

Por último vamos a aplicar la última mejora de eficiencia energética aplicable a este ascensor Gearless, el módulo Regenerativo. Tal y como podemos observar en la figura 3.20 en este caso el módulo regenerativo si que es ventajoso, añadido a las anteriores mejoras se reduce el consumo en un 46%.

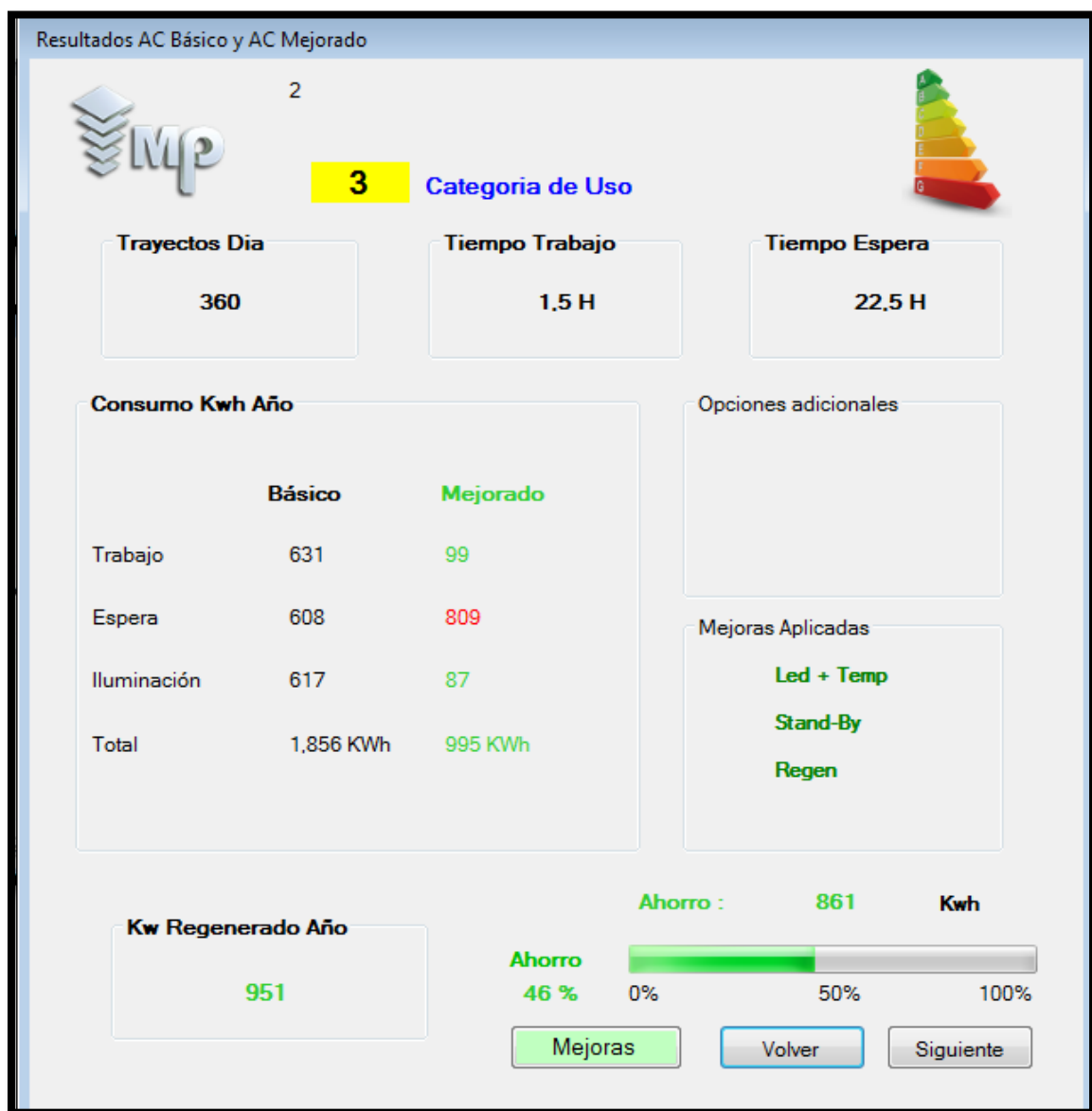


Figura 3.20

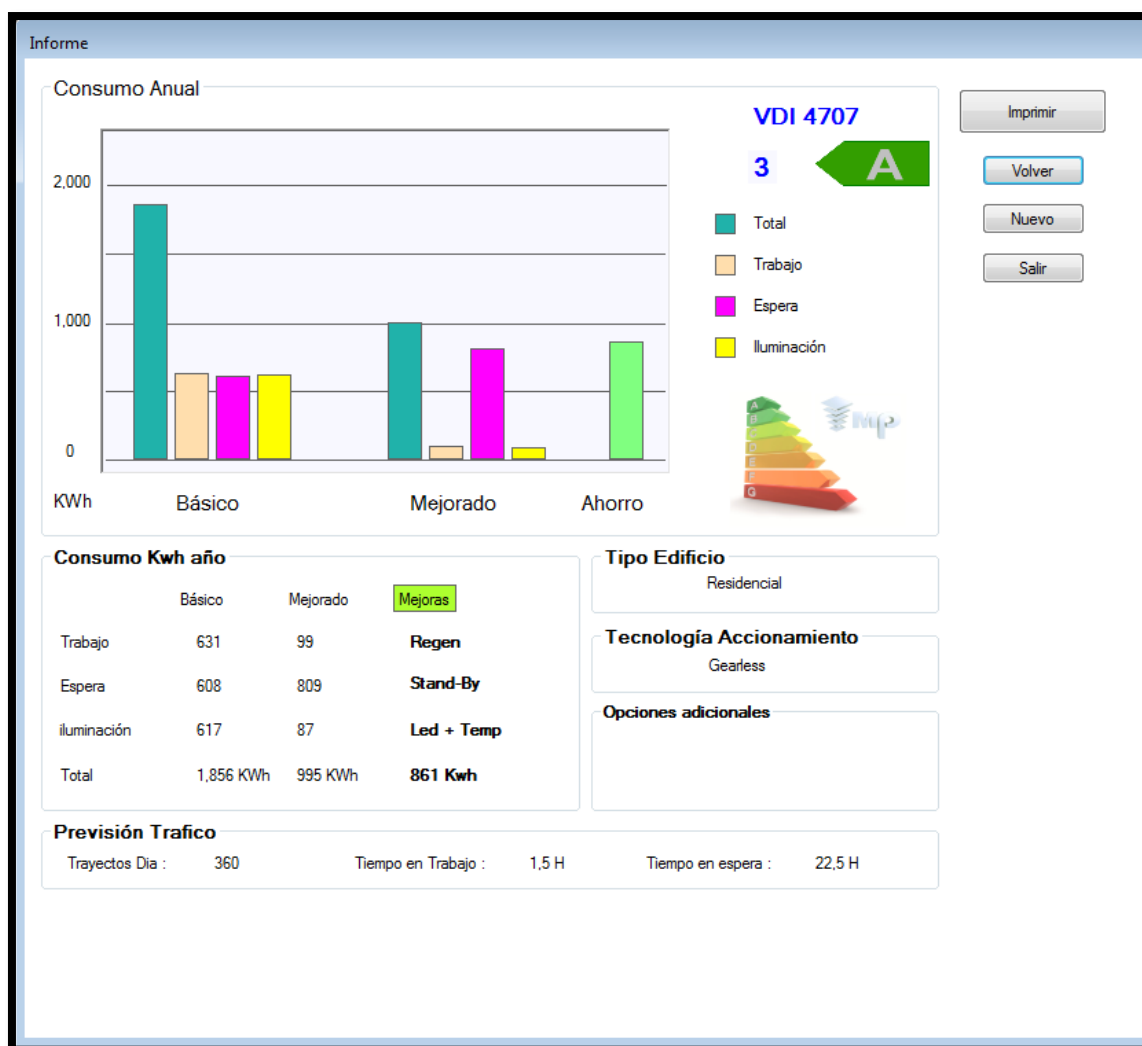


Figura 3.21. Comparativa consumos con las mejoras de eficiencia aplicadas en la instalación.

Gracias a la aplicación de las mejoras de luz led + temporizada + Stand-By + módulo regenerativo el consumo final anual se ha reducido en 861 KWh. Un ahorro de 861 KWh anual implica un descenso anual de emisiones de CO<sub>2</sub> de 258.3 Kilos.

Estimando un coste del KWh de 0.2 Euros, tenemos un ahorro anual de 172.2 euros.



### 3.3.3 ANALISIS DE RESULTADOS

|                               | CONSUMO KWh | EMISION CO2 Kg | COSTE € | Δ CONSUMO KWh | Δ CO2 Kg | Δ COSTE € |
|-------------------------------|-------------|----------------|---------|---------------|----------|-----------|
| REDUCTOR                      | 2862        | 858,6          | 572,4   | 0             | 0        | 0         |
| REDUCTOR MEJORADO             | 2260        | 678            | 452     | 602           | 180,6    | 120,4     |
| GEARLESS                      | 1856        | 556,8          | 371,2   | 1006          | 301,8    | 201,2     |
| GEARLESS MEJORADO             | 1256        | 376,8          | 251,2   | 1606          | 481,8    | 321,2     |
| GEARL.MEJORADO + REGENERATIVO | 995         | 298,5          | 199     | 1867          | 560,1    | 373,4     |

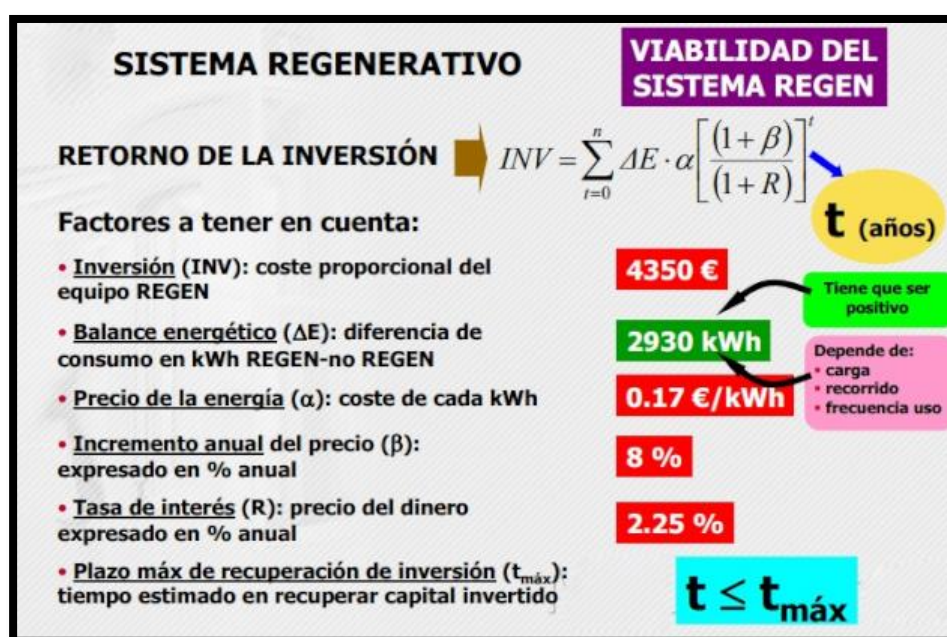
Tabla 3.2

En la tabla 3.2 tenemos una comparativa entre el ascensor con tecnología con reductor, gearless y sus respectivas mejoras. Podemos observar las mejoras obtenidas tanto en consumo energético, como en reducción de la emisión de CO<sub>2</sub> y en la reducción de la factura final.

Si tenemos un ascensor existente en una comunidad de propietarios de estas características, con reductor convencional, iluminación tradicional, sin temporizar y sin Stand-by, con unas pequeñas mejoras podemos ahorrarnos 120,4 euros anuales. El coste de la implementación de estas sería compensado en el plazo de 1 año por lo que es una mejora factible en cualquier edificio existente.

### 3.3.4 VIABILIDAD ECONOMICA DEL SISTEMA REGENERATIVO

En el caso de que sea necesario modernizar el ascensor existente por otro más nuevo tenemos varias opciones, reductor mejorado, gearless mejorado o gearless mejorado con regenerativo. En este ejemplo dado el alto recorrido la tecnología a utilizar será Gearless, además de su mejor confort y menor ruido. Mediante un estudio de retorno de inversión vamos a comprobar la viabilidad del sistema Regenerativo. Para que sea rentable el plazo máximo de recuperación de la inversión es de 10 años.



En nuestro ejemplo, tomando los siguientes valores:

-inversión inicial del sistema regenerativo de 4350 euros.

-balance energético de 261 KWh.

-precio de la energía medio estimado de 0.20 €

-incremento del precio anual estimado de un 8%

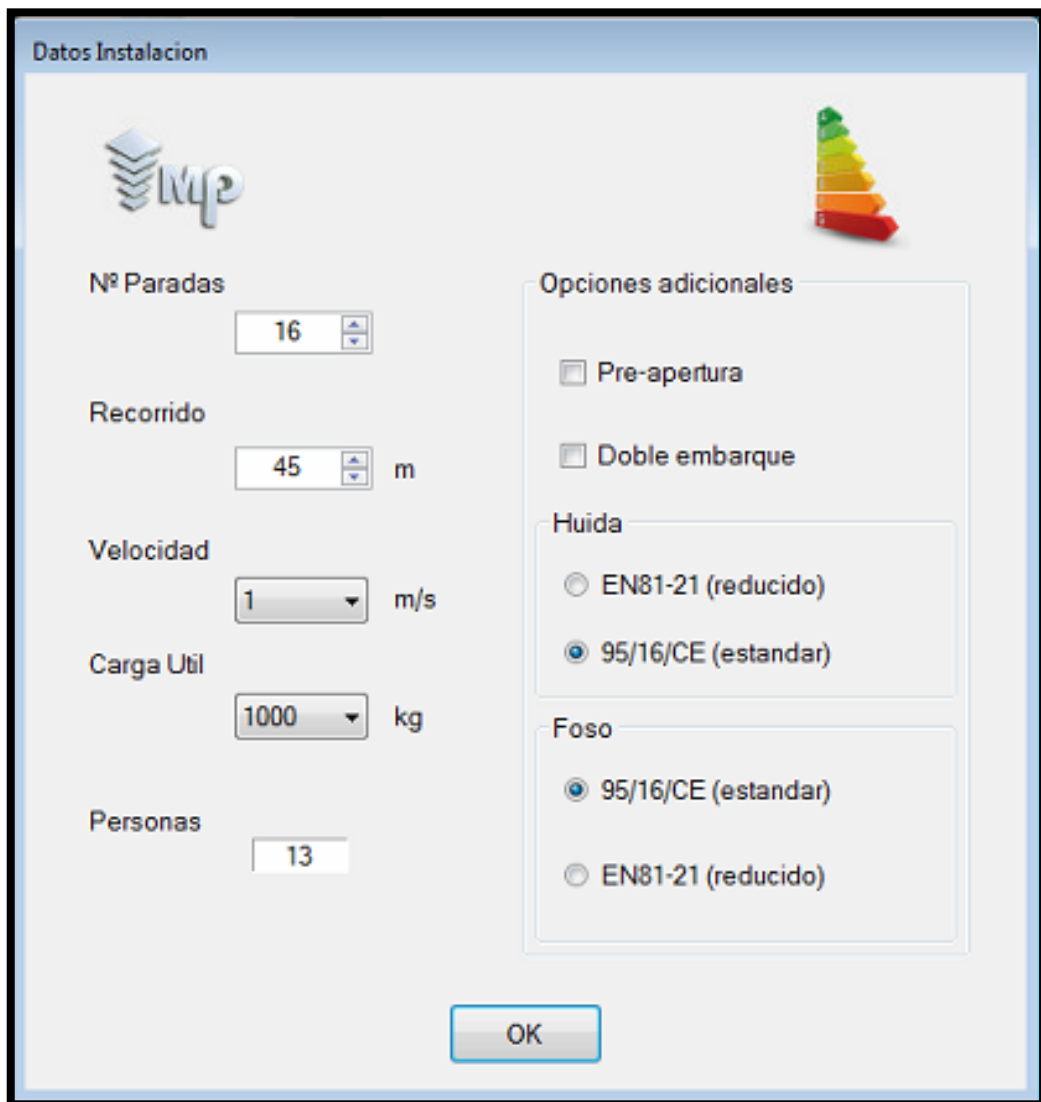
Tasa de interés estimada de 2.25%

Nos da un retorno de la inversión teórico de 24 años que es muy superior a los 10 años. Queda claro que en este caso la mejor solución es la de un gearless mejorado sin regenerativo.

### 3.4. ESTUDIO TERCERO

#### 3.4.1 TECNOLOGIA CON REDUCTOR

En este primer estudio el ascensor de partida dispone de cuarto de máquinas con tecnología VVF con reductor. Se va a instalar en un gran hospital de 16 paradas y un recorrido de 45 metros. La carga es de 1000 kilos que corresponden a 13 pasajeros, la velocidad del ascensor es de 1 m/s. En la figura 3.22 aparece seleccionado este ascensor a través del programa MP Efficiency. La categoría VDI 4707 es 5 tal y como aparece en la figura 3.23.



The screenshot shows the 'Datos Instalacion' (Installation Data) window in the MP Efficiency software. The window has a light blue header with the title 'Datos Instalacion'. On the left, there is a logo with the letters 'MP' and a stylized building icon. On the right, there is a vertical energy efficiency scale with a green arrow pointing upwards. The main area contains several input fields and checkboxes:

- Nº Paradas**: A numeric input field with the value '16'.
- Recorrido**: A numeric input field with the value '45' and a unit 'm'.
- Velocidad**: A dropdown menu with the value '1' and a unit 'm/s'.
- Carga Util**: A dropdown menu with the value '1000' and a unit 'kg'.
- Personas**: A numeric input field with the value '13'.
- Opciones adicionales**: A section with several checkboxes and radio buttons:
  - ☐ Pre-apertura
  - ☐ Doble embarque
  - Huida**: A section with two radio buttons:
    - ☐ EN81-21 (reducido)
    - ☒ 95/16/CE (estandar)
  - Foso**: A section with two radio buttons:
    - ☒ 95/16/CE (estandar)
    - ☐ EN81-21 (reducido)

At the bottom center, there is an 'OK' button.

Figura 3.22

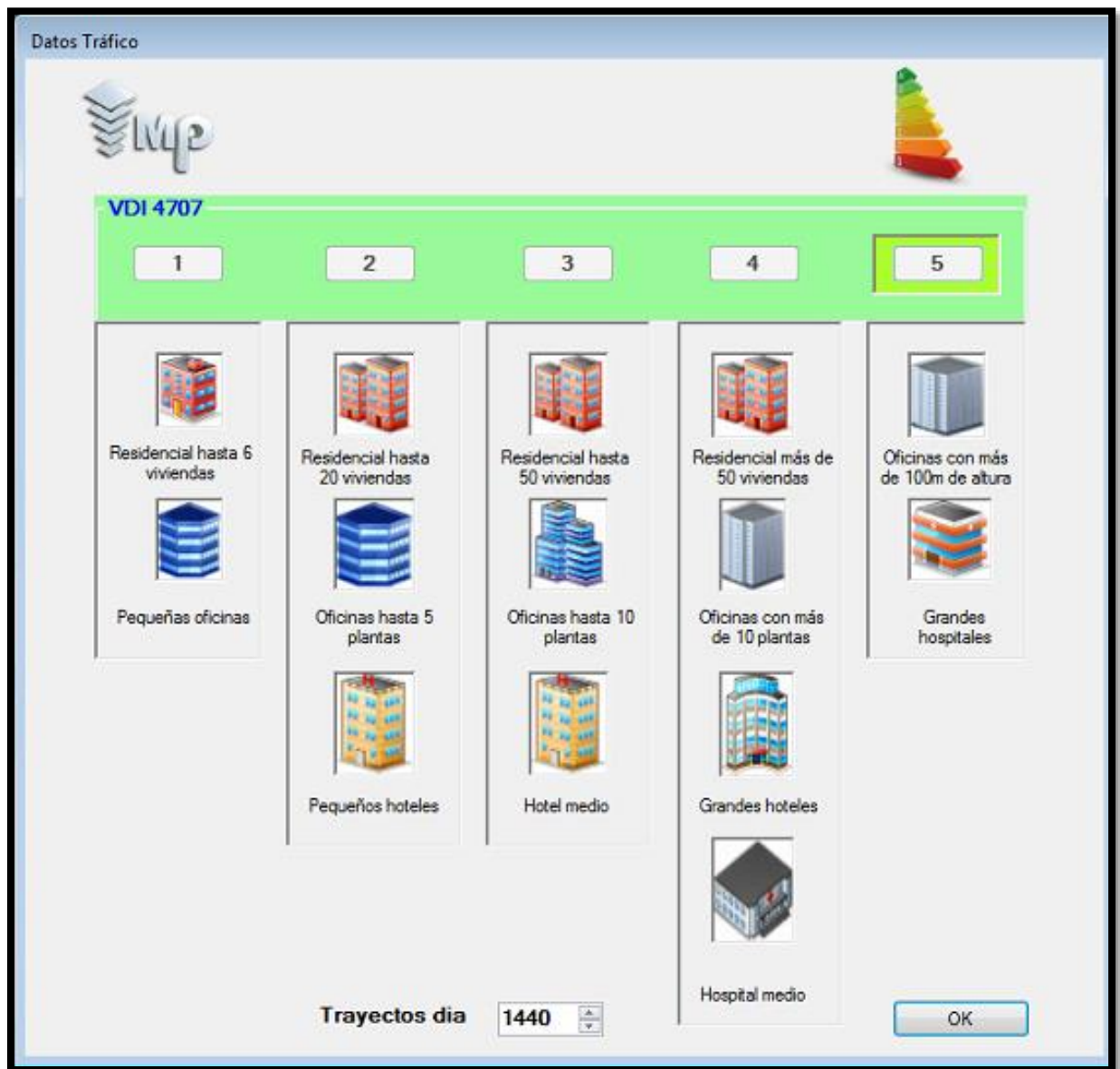


Figura 3.23

En la figura 3.24 aparecen los resultados de consumo energético, en este caso el ascensor tiene un consumo total de 9438 KWh anual. Este consumo traducido en emisiones equivale a 2831 Kg de CO<sub>2</sub> anuales. EL coste anual de este ascensor es de 1888 €, estamos hablando de unas cifras realmente elevadas. . La categoría VDI 4707 de este ascensor es "C".

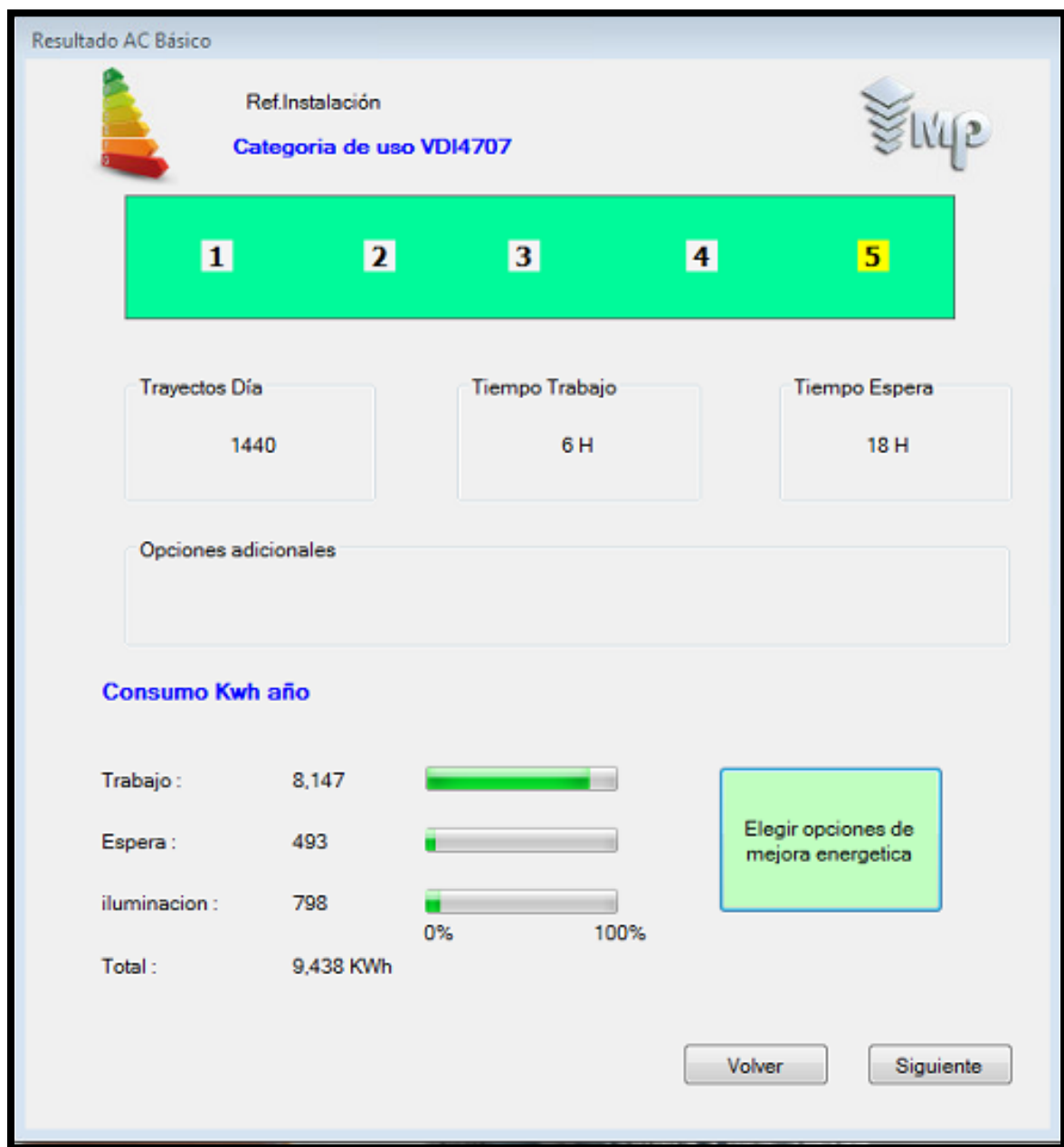


Figura 3.24

Aplicando las mejoras de luz led más luz temporizada y Stand-by obtenemos un ahorro del 9% bajando hasta un consumo anual de 8261 KWh. Este descenso es bajo debido a que casi el 90% del consumo de este

ascensor es durante el periodo de trabajo y las actuaciones las hemos realizado sobre el tiempo en espera e iluminación.

### 3.4.2 TECNOLOGIA GEARLESS

Vamos a comparar el anterior ejemplo VVF con reductor con la instalación de un ascensor Gearless.

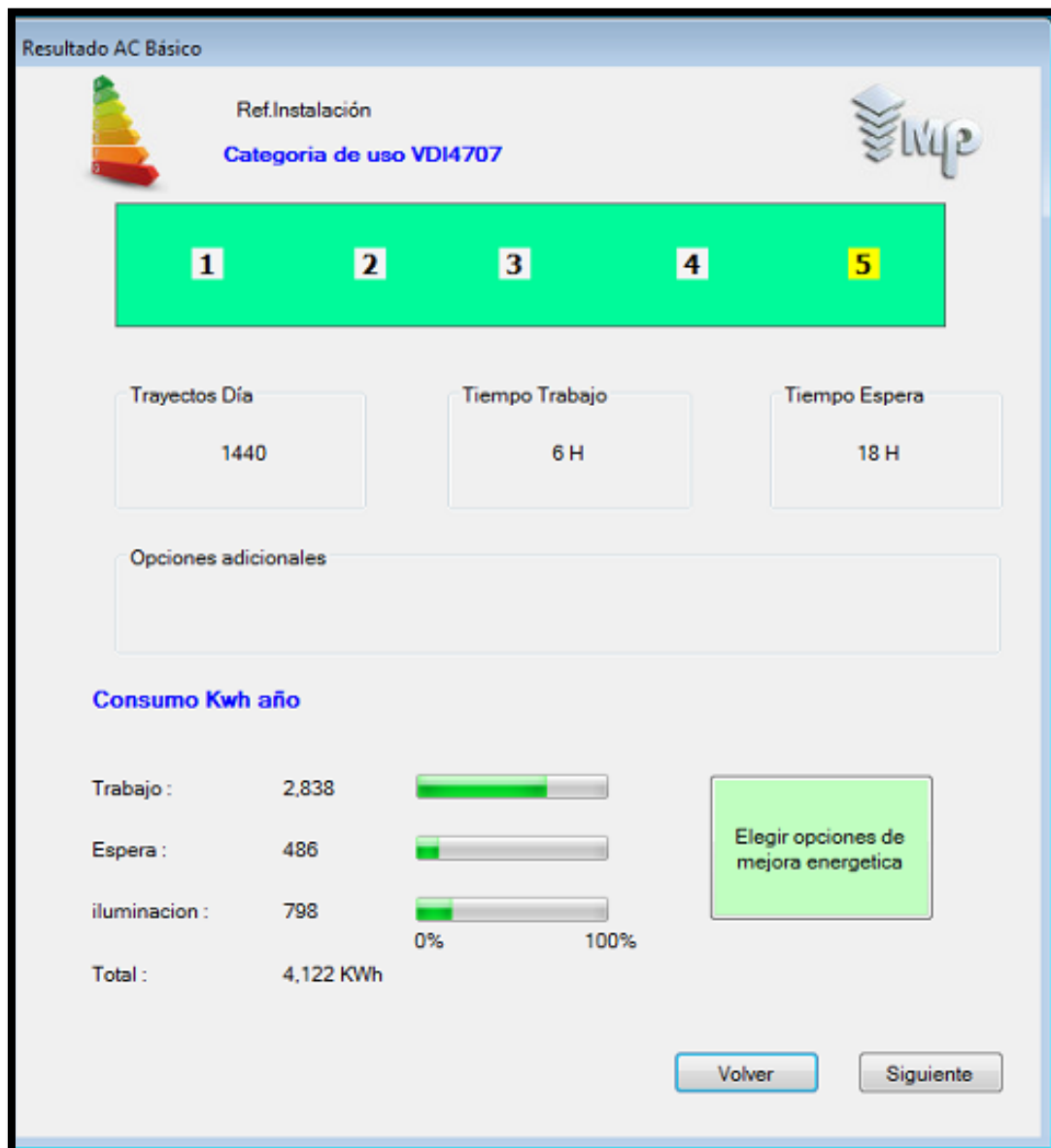


Figura 3.25

Podemos apreciar en la figura 3.25 que en esta instalación con el uso de la tecnología gearless reducimos el consumo un 56.32%. Está claro que en esta nueva instalación la tecnología a utilizar es gearless.

Aplicando las mejoras energéticas de iluminación led, luz temporizada y stan-by el consumo desciende hasta 3415 KWh, un 17% menos tal y como apreciamos en la figura 3.26

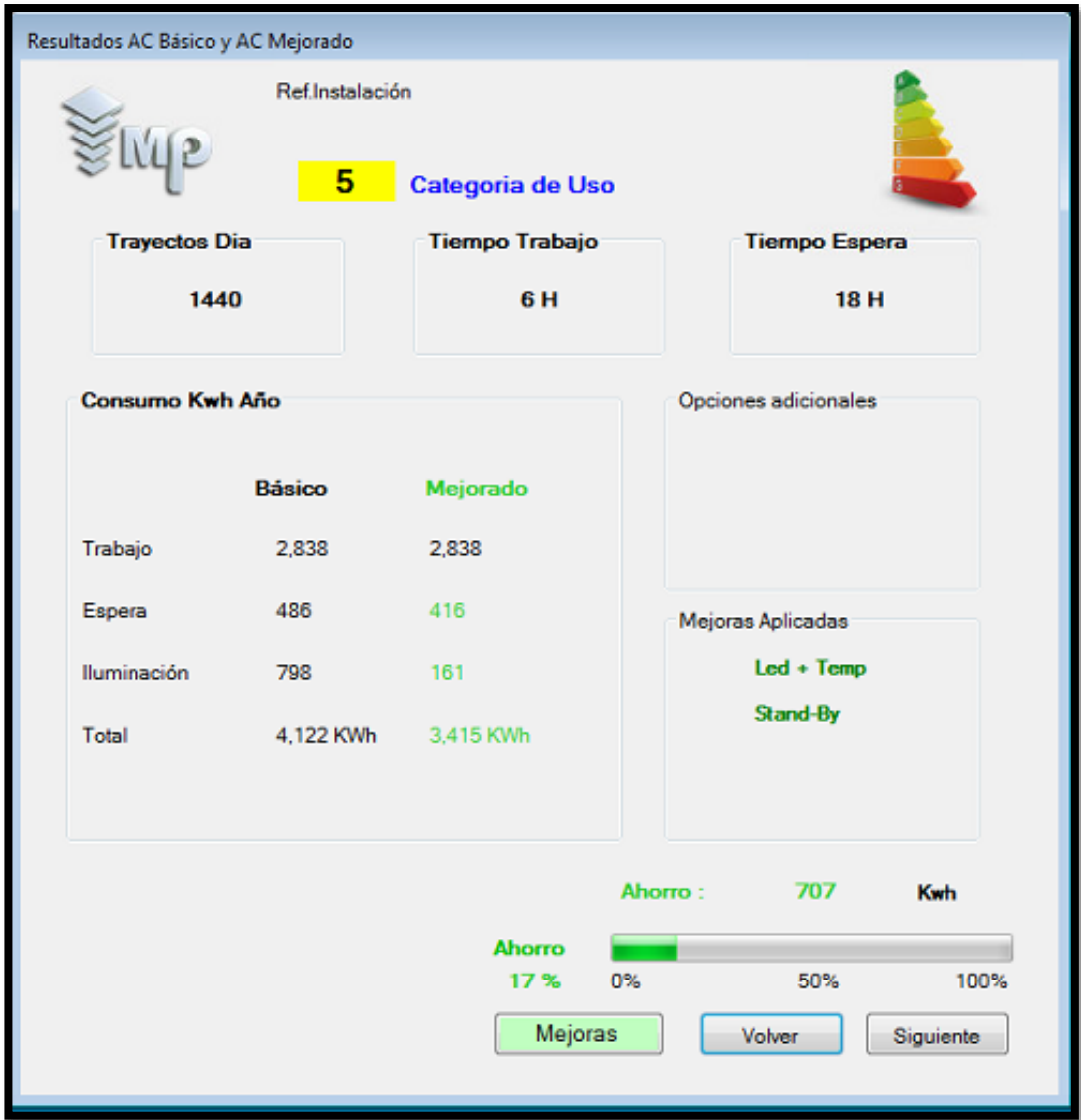


Figura 3.26

Por último vamos a aplicar la última mejora de eficiencia energética, el módulo Regenerativo. Tal y como podemos observar en la figura 3.27 en este caso el módulo regenerativo es muy ventajoso, añadido a las anteriores mejoras se reduce el consumo en un 61% que equivalen a 2523 KWh.

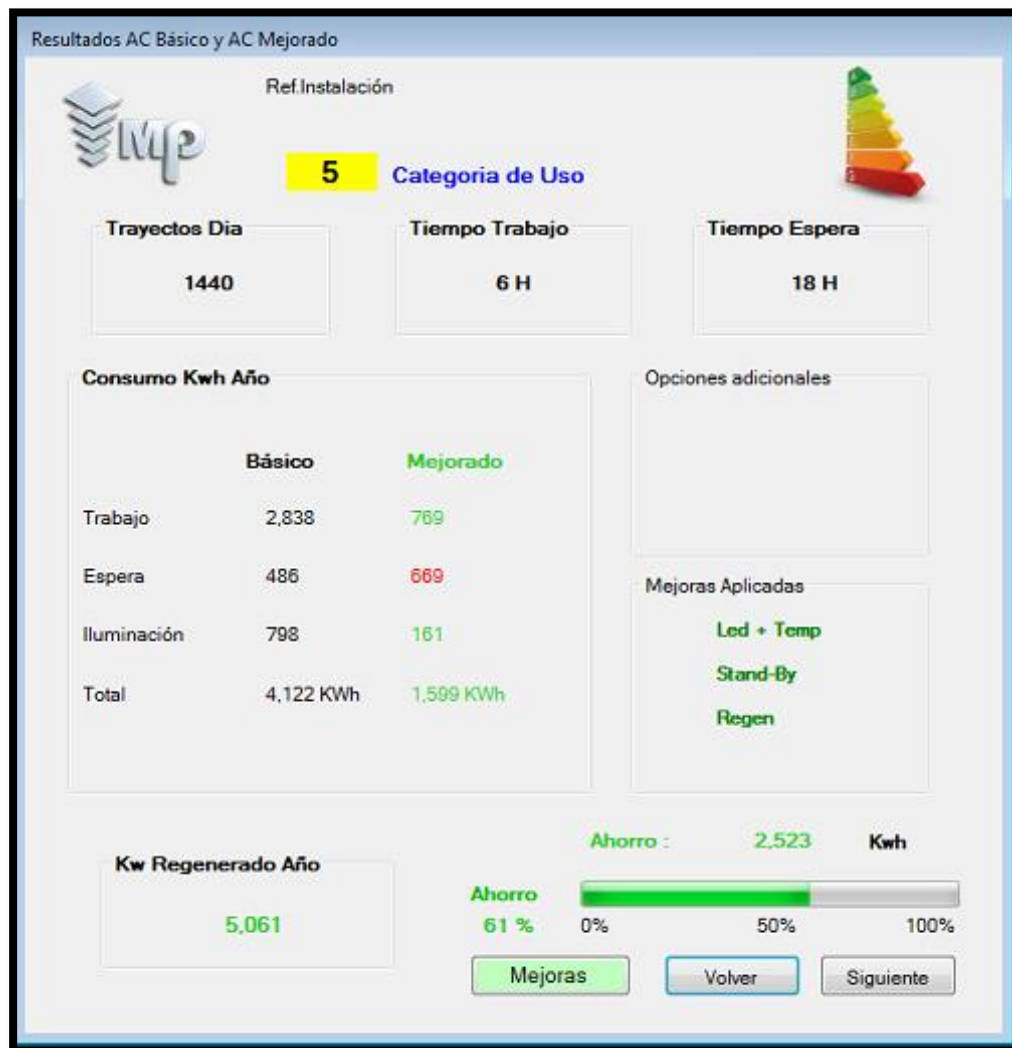


Figura 3.27



### 3.4.3 ANALISIS DE RESULTADOS

|                               | CONSUMO KWh | EMISION CO2 Kg | COSTE € | Δ CONSUMO KWh | Δ CO2 Kg | Δ COSTE € |
|-------------------------------|-------------|----------------|---------|---------------|----------|-----------|
| REDUCTOR                      | 9438        | 2831,4         | 1887,6  | 0             | 0        | 0         |
| REDUCTOR MEJORADO             | 8261        | 2478,3         | 1652,2  | 1177          | 353,1    | 235,4     |
| GEARLESS                      | 4122        | 1236,6         | 824,4   | 5316          | 1594,8   | 1063,2    |
| GEARLESS MEJORADO             | 3415        | 1024,5         | 683     | 6023          | 1806,9   | 1204,6    |
| GEARL.MEJORADO + REGENERATIVO | 1599        | 479,7          | 319,8   | 7839          | 2351,7   | 1567,8    |

Tabla 3.3

En la tabla 3.3 tenemos una comparativa entre el ascensor con tecnología con reductor, gearless y sus respectivas mejoras. Podemos observar las mejoras obtenidas tanto en consumo energético, como en reducción de la emisión de CO<sub>2</sub> y en la reducción de la factura final.

Si como es el caso tenemos que decidimos por una u otra tecnología basándonos en el coste energético observamos que la tecnología gearless mejorada nos ahorra 970 euros anuales respecto de la tecnología con reductor mejorada. EL consumo desciende 4846 KWh y las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> equivalentes descienden 1453 kilos. Son los tres motivos más que suficientes para optar por la tecnología gearless en esta instalación.

Mediante la aplicación del sistema regenerativo todavía reducimos el consumo del ascensor no obstante vamos a ver en el siguiente apartado su viabilidad económica comparándolo con el gearless mejorado.

### 3.4.4 VIABILIDAD ECONOMICA DEL SISTEMA REGENERATIVO

En este ejemplo dado el alto recorrido la tecnología a utilizar será Gearless, además de su mejor confort y menor ruido. Mediante un estudio de retorno de inversión vamos a comprobar la viabilidad del sistema Regenerativo. Para que sea rentable el plazo máximo de recuperación de la inversión es de 10 años.

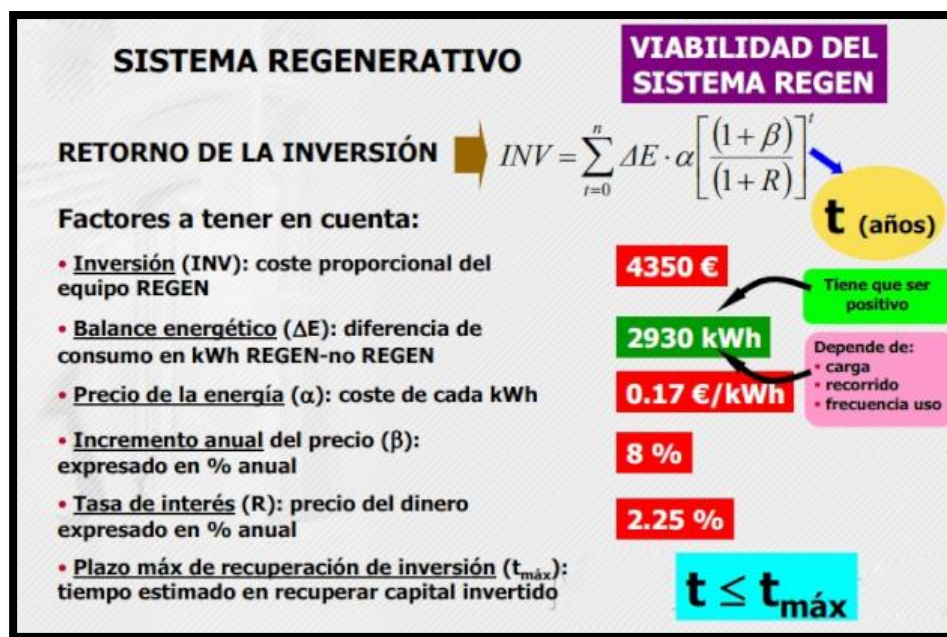


Figura 3.28

En nuestro ejemplo, tomando los siguientes valores:

-inversión inicial del sistema regenerativo de 4350 euros.

-balance energético de 1816 KWh.

-precio de la energía medio estimado de 0.20 €

-incremento del precio anual estimado de un 8%

Tasa de interés estimada de 2.25%

Nos da un retorno de la inversión teórico de 8 años, al ser menor de 10 años en este caso sí que es rentable la instalación de un sistema regenerativo.

## 4. CONCLUSION FINAL

Podemos dividir las instalaciones de ascensores en tres grandes bloques, edificios con ascensor, edificios antiguos sin ascensor y obra nueva.

\*Para los edificios que cuentan con ascensor podemos mejorar su eficiencia energética a través de dos vías:

-Modernización parcial del ascensor. Tal y como hemos observado en los ejemplos anteriores simplemente con cambiar la antigua iluminación por una más eficiente de tipo led, temporizar las luces en cabina e incorporar un módulo stand-by que apague ciertos componentes del ascensor cuando no se use conseguimos reducir el consumo anual del ascensor en torno a un 20-40% dependiendo de la instalación. Esta modernización no es costosa económicamente hablando, generalmente en el plazo de 2 a 3 años podemos recuperar el coste de la inversión, además su ejecución o implementación no requiere de mucho tiempo por parte de los técnicos del ascensor por lo que el usuario final del ascensor prácticamente no se ve penalizado. Comunidades autónomas como la Comunidad de Madrid tienen subvenciones para modernizar la iluminación de los ascensores.

-Modernización total del ascensor. En este caso es necesario cambiar por completo el antiguo ascensor ya deteriorado debido al uso y al paso del tiempo. Dado que es un edificio existente las dimensiones del hueco, las dimensiones del foso y de la huida están ya fijadas por lo que no tenemos total libertad para realizar el diseño del ascensor, generalmente la configuración del ascensor inicial será con cuarto de máquinas superior VVF o 2V (dos velocidades). Siempre trataremos de instalar un ascensor eficiente con tecnología gearless en configuración 2:1. Debido a las limitaciones de hueco es posible que tengamos que utilizar suspensión 1:1 pero siempre con tecnología gearless y generalmente colocada en cuarto de máquinas superior.

La iluminación será mediante leds temporizados en cabina e incluirá el módulo stand-by.

Daremos la viabilidad a la instalación de un sistema regenerativo mediante los cálculos de energía consumida y de un estudio del retorno de la inversión. En caso de ser viable económicamente procederemos a su instalación si el cliente final acepta su elevado coste de implementación. Comunidades como Castilla-La Mancha o Andalucía entre otras ofrecen subvenciones por la modernización total del ascensor en el caso de instalar un ascensor eficiente.

\*La instalación de ascensor en edificio sin ascensor se denomina rehabilitación. En este caso los huecos son más reducidos ya que generalmente el ascensor va instalado en el hueco libre de la escalera del edificio. Como en el caso anterior siempre utilizaremos la tecnología gearless. La colocación de la máquina en estos casos es en la vertical del hueco sin cuarto de máquinas. Como en el anterior caso intentaremos utilizar una suspensión 2:1, no obstante la suspensión 1:1 es la mas habitual en estos casos ya que se trata de huecos muy reducidos. La iluminación será con led temporizados e instalaremos un módulo stand-by. Dada la naturaleza de estos edificios, edificios residenciales con poco tráfico y pocas plantas, no cabe el estudio de un sistema regenerativo puesto que nunca sería viable. Las comunidades de vecinos que se decidan a mejorar la accesibilidad o la eficiencia energética de su edificio podrán recibir ayudas públicas de hasta un máximo de 10.000 euros por vivienda según el Plan Estatal de Fomento de Alquiler de Vivienda, la Rehabilitación y la Regeneración Urbana 2013-2016.

\*En el caso de obra nueva la instalación de un ascensor eficiente es ya un requisito que generalmente ya viene impuesto en el pliego de condiciones del proyecto de edificación. Hoy en día no se concibe, al menos en los países de la Unión Europea la instalación de un ascensor no eficiente. La tecnología será gearless y suspensión 2:1 y estará apoyado con luz led temporizada más stand-by. Además si el edificio tiene varios ascensores la maniobra será inteligente para reducir el número de arranques de los

ascensores. En el caso de ser viable y el retorno de inversión no supere los diez años podremos instalar el módulo de energía regenerativo.

## 5. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- Norma VDI 4707 "Elevators, Energy Efficiency".
- Norma ISO 25745-1: Energy performance of lifts, escalators and moving walks. Part 1. Energy measurement and conformance
- UNE-EN 81-1:2001+A3:2010. Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Parte 1: Ascensores eléctricos.
- UNE-EN 81-2:2001+A3:2010. Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Parte 1: Ascensores hidráulicos.
- Revista técnica Industrial. nº 288 (Ascensores de última generación energéticamente eficientes). Agosto 2010.
- Revista Ascensores y Montacargas.  
<http://www.doopaper.com/pubs/ascensores-montacargas/>
- "Guía de ahorro y eficiencia energética en hoteles de la Comunidad Valenciana". AVEN (Agencia Valenciana de la Energía). Año 2003
- Soluciones energéticamente eficientes en la edificación". Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid y
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Año 2010.
- About Elevators (OTIS) (pdf, 1.486Kb). Documento de OTIS Elevator Company sobre la historia de los ascensores.
- Web MP Ascensores. <http://www.mpascensores.com/>
- Web Unesa, <http://www.unesa.es/>
- Web Agencia Andaluza de la Energía, [www.agenciaandaluzadelaenergia.es/](http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/)
- Web portal vivienda Madrid, <http://www.madrid.org/>
- Web Guadaqué, Guadalajara <http://www.guadaque.com/guadalajara-ciudad/>