UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TESIS DOCTORAL

Título
Análisis de mejora de eficiencia energética en ascensores
Autor/es
Carlos Javier Ruiz Macías
Director/es
María Mercedes Pérez de la Parte y Juan Carlos Sáenz-Díez Muro
Facultad
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial
Titulación
Departamento
Ingeniería Mecánica
Curso Académico

Análisis de mejora de eficiencia energética en ascensores, tesis doctoral de Carlos Javier Ruiz Macías, dirigida por María Mercedes Pérez de la Parte y Juan Carlos Sáenz-Díez Muro (publicada por la Universidad de La Rioja), se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.
Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

© El autor
© Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2017
publicaciones.unirioja.es
E-mail: publicaciones@unirioja.es

TESIS DOCTORAL

ANÁLISIS DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ASCENSORES

[Programa de Doctorado en Innovación en Ingeniería de Productos y Procesos Industriales.]

CARLOS JAVIER RUIZ MACÍAS

Julio de 2017

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

campus iberus

DIRECTORES de tesis:
Dra. Mercedes Pérez de la Parte
Dr. Juan Carlos Sáenz-Díez Muro

Resumen / Summary

Esta tesis doctoral se centra en el análisis de mejora de eficiencia energética en ascensores. Se comienza con un recorrido por la historia de los ascensores, y su clasificación en función del grupo tractor, analizando sus componentes y elementos más significativos que lo componen y sus respectivas funciones, y se complementas con un análisis del parque de ascensores que hay en España. Se realiza un estudio energético de los ascensores, clasificándolos en función del consumo energético, utilizando como base la norma alemana para conocer las posibles ventajas e inconvenientes de otras normativas. Se analizan las mejoras energéticas introducidas en el mundo del ascensor en función de la normativa existente, y se realizaran estudios lumínicos buscando el cumplimiento de la normativa. Se estudia a fondo la importancia de mejorar la eficiencia energética de la iluminación. Tras los estudios de iluminación, y sobre todo tras analizar las posibles mejoras energéticas en el mercado, se busca mejorar la eficiencia en el transporte vertical. Para ello se modela, simula y analiza un ascensor eléctrico con una aportación original de mejora del sistema de contrapesos para mejorar la eficiencia energética respecto a los existentes en la actualidad.

This doctoral thesis focuses on the analysis of energy efficiency improvement in elevators. It begins with a tour of the history of lifts, and their classification according to the tractor group, analyzing the more significant elements and components and their respective functions, which is complemented by an analysis of the park of elevators in Spain. An energy study of the elevators is developed, classifying them according to the energy consumption, based on the German standard to know the possible advantages and disadvantages of other regulations. The energy improvements introduced in the world of the elevator are analyzed according to the existing regulations, and lift illumination studies are carried out in order to comply with the regulations. The importance of improving the energy efficiency of lighting is studied in depth. After illumination studies, and especially after analyzing possible energy improvements in the market, the next step consists in efficiency improvement in vertical transport. For this, it is modeled, simulated and analyzed an electric elevator with an original contribution of improvement of the counterweights system to improve the energy efficiency with respect to the currently existing ones.

Contenido

Resumen / Summary 3

CAPÍTULO 1 30

1 Introducción. 30

1.1 Introducción 30

1.2 Descripción de la investigación 30

1.3 Estado del arte 31

1.4 Estructura y contenido de la tesis 47

CAPÍTULO 2 48

2 Clasificación de los ascensores 48

2.1 Ascensores eléctricos 50

2.2 Ascensor hidráulico 51

2.3 Otras clasificaciones 53

CAPÍTULO 3 55

3 Elementos de un ascensor 55

3.1 Grupo tractor 55

3.2 Cabina y contrapeso 55

3.3 Los cables de suspensión 56

3.4 Otros elementos importantes 58

3.4.1 Cuadro de maniobras 58

3.4.2 Guías 59

3.4.3 Cables de maniobra 60

3.4.4 Puertas 60

3.4.5 Aceites 60

3.4.6 Baterías y pilas 61

3.4.7 Bombillería 61

CAPÍTULO 4 64

4 Situación del parque de ascensores en España 64

CAPÍTULO 5 68

5 Estudio energético de ascensores residenciales 68

5.1 Clasificación energética del ascensor 86

5.1.1 Introducción 86

5.1.2 Clase de eficiencia energética 87

5.1.3 Mejoras en la eficiencia energética 96

5.2 Conclusiones 128

CAPÍTULO 6 129

6 Mejoras energéticas en el mundo del ascensor 129

6.1 Introducción 129

6.2 Datos generales 129

6.3 Consumo energético de los ascensores 130

6.4 Ascensores modernos o de última generación 130

6.5 Modernizaciones. 135

Medidas de seguridad a las que se refiere el artículo 1 137

Modificaciones importantes 139

6.6 Modificaciones eficientes 145

6.7 Alumbrado en cabina 149

6.7.1 Bombillas incandescentes 149

6.7.2 Descarga a baja presión 150

6.7.3 Iluminación led 150

6.7.4 Comparativas y diferencias energéticas en iluminación 151

6.8 Estudio lumínico de un ascensor 156
6.8.1 Proyecto 1 156
6.8.2 Proyecto 2 175
6.9 Estudio lumínico en función de las normas UNE-EN 81 194
6.9.1 Estudio con dos tubos led 195
6.9.2 Estudio con dos dicroicas led 209
6.9.3 Reducción de potencia energética 223
6.10 Conclusiones lumínicas 275
6.11 Maniobras 275
6.11.1 Maniobra simple 276
6.11.2 Maniobra colectiva simple de bajada 276
6.11.3 Maniobra colectiva simple de bajada y subida o selectiva 276
6.11.4 Maniobra combinada o duplo 277
6.11.5 Maniobra dúplex 277
6.11.6 Maniobra dúplex colectivo en bajada. 277
6.11.7 Maniobra dúplex colectiva en subida y bajadas o selectiva 277
CAPÍTULO 7 279
7 Ascensor eléctrico energéticamente mejorado con sistema de contrapeso. 279
7.1 Objetivo 279
7.2 Descripción de la invención 282
7.3 Estudio energético y comparativa 291
7.4 Conclusiones 309
CAPÍTULO 8 310
8 Impacto ambiental. Análisis de ciclo de vida 310
8.1 Definición del sistema 310

8.2 Análisis de inventario. Composición del ascensor 310

8.3 Análisis de ciclo de vida 312

8.4 Impacto del uso (energía) 328

CAPÍTULO 9 330

9 Aportaciones y líneas futuras de investigación 330

9.1 Aportaciones 330

9.2 Líneas futuras de investigación 330

REFERENCIAS 332

10 Referencias 332

10.1 Normativa 332

10.2 Fuentes 332

10.3 Bibliografía 334

Tablas

Tabla II.1 Tipología de los ascensores Fuente: [21] Guía sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Ascensores de la Comunidad de Madrid, pagina web: www.madrid.org

Tabla III.1 Horas aproximadas de vida útil Fuente:[25]Catálogo de Philips, catálogo de Osram 2010/2011 y catálogo de Sylvania.

Tabla V.1 Tabla de datos Fuente:[28]

Tabla V.2 Energía específica y tiempo de uso Fuente:[28]

Tabla V.3 Porcentaje de energía en reposo. Elaboración propia apartir de la referencia [28]

Tabla V.4 Ficha resumen de instalación AE06 Fuente:[28]

Tabla V.5 Parámetros analizados ascensor AE06 Fuente:[28]

Tabla V.6 Porcentaje energía en reposo. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.7 Ficha resumen de instalación AE08 Fuente:[28]

Tabla V.8 Parámetros analizados ascensor AE08 Fuente: [28]

Tabla V.9 Porcentaje energía en reposo. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.10 Ficha resumen de instalación AE01 Fuente:[28]

Tabla V.11 Ficha resumen de instalación AE02 Fuente:[28]

Tabla V.12 Parámetros analizados ascensor AE01 Fuente: [28]

Tabla V.13 Parámetros analizados ascensor AE01 Fuente: [28]

Tabla V.14 Porcentaje energía en reposo AE01. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.15 Porcentaje energía en reposo AE02. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.16 Categorías de uso VDI4707 Fuente: [28]

Tabla V.17 Clasificación por demanda energética en reposo. Fuente: [28]

Tabla V.18 Clasificación por demanda energética en movimiento. Fuente: [28]

Tabla V.19 Clasificación por demanda energética y categoría de uso. Fuente: [28]

Tabla V.20 Clasificación energética de los ascensores estudiados. Fuente: [28]

Tabla V.21 Clasificación energética por número de ascensores. Fuente: [28]

Tabla V.22 Clasificación categoría 1. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.23 Aparatos en categoría 1. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.24 Clasificación categoría 2. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.25 Aparatos en categoría 2. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.26 Clasificación categoría 3. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.27 Aparatos en categoría 3. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.28 Clasificación categoría 4. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.29 Aparatos en categoría 4. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.30 Clasificación categoría 5. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.31 Aparatos en categoría 5. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.32 Ascensores residenciales. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.33 Cambio de iluminación a led. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.34 Calificación energética con el cambio a led. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.35 Clasificación energética de los ascensores con cambio a led. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.36 Calificación energética con el cambio a led y encendido en uso. Elaboración propia a partirde la referencia [28]

Tabla V.37 Clasificación energética de los ascensores con cambio a led y apagado automático. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

Tabla V.38 Ficha resumen de instalación AH04 Fuente:[28]

Tabla V.39 Ficha resumen de instalación AH05 Fuente:[28]

Tabla V.40 Sector público categoría de uso 1. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

Tabla V.41 Ficha resumen de instalación AE19 Fuente:[28]

Tabla V.42 Ficha resumen de instalación AE22 Fuente:[28]

Tabla V.43 Ficha resumen de instalación AE23 Fuente:[28]

Tabla V.44 Sector público categoría de uso 2. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

Tabla V.45 Sector público categoría de uso 3. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

Tabla V.46 Sector público categoría de uso 4. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

Tabla V.48 Ficha resumen de instalación AE28 Fuente:[28]

Tabla V.49 Ficha resumen de instalación AE29 Fuente:[28]

Tabla V.50 Ficha resumen de instalación AE11 Fuente:[28]

Tabla V.51 Ficha resumen de instalación AE14 Fuente:[28]

Tabla V.52 Ficha resumen de instalación AE15 Fuente:[28]

Tabla V.47 Sector público categoría de uso 5. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.53 Ficha resumen de instalación AE12 Fuente:[28]

Tabla V.54 Ficha resumen de instalación AE13 Fuente:[28]

Tabla V.55 Sector residencial. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

Tabla V.56 Categoría de uso residencial. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

Tabla V.57 Sector residencial categoría de uso 2. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

Tabla V.58 Ficha resumen de instalación AE03 Fuente:[28]

Tabla V.59 Ficha resumen de instalación AE08 Fuente:[28]

Tabla V.60 Ficha resumen de instalación AE09 Fuente:[28]

Tabla V.61 Sector residencial categoría de uso 3. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

Tabla V.62 Ficha resumen de instalación AE04 Fuente:[28]

Tabla V.63 Ficha resumen de instalación AE05 Fuente:[28]

Tabla V.64 Ficha resumen de instalación AE06 Fuente:[28]

Tabla V.65 Ficha resumen de instalación AE07 Fuente:[28]

Tabla V.66 Ficha resumen de instalación AE10 Fuente:[28]

Tabla V.67 Sector residencial categoría de uso 4. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

Tabla V.68 Ficha resumen de instalación AE01 Fuente:[28]

Tabla V.69 Ficha resumen de instalación AE02 Fuente:[28]

Tabla VI.1. Material necesario para instalación solar fotovoltaica.

Tabla VI.2 Categoría de uso según VDI 4707. Fuente: [30] Ascensores. Eficiencia energética y clasificación según VDI 4707, autores: Ignacio Chozas Rivera, Alberto Roig Domínguez y pedro González Castaño.

Tabla VI.3 Comparativa última generación contra electromecánicos tradicionales. Fuente: [21]

Tabla VI.4 Comparativa última generación contra hidraulicos. Fuente: [21]

Tabla VI.5 Eficiencia luminosa de las lamparas. Fuente: [21]

Tabla VI.6 Horas de vida. Fuente: [21]

Tabla VI.7 Dicroicas. Fuente:[25]

Tabla VI.8 Downlight. Fuente:[25]

Tabla VI.9 Downlight. Fuente:[25]

Tabla VI.10 Cambios requeridos por horas de vida.

Tabla VI.11 Encendidos dicroicas. Fuente:[25]

Tabla VI.12 Encendidos downlight. Fuente:[25]

Tabla VI.13 Encendidos Tubos. Fuente:[25]

Tabla VI.14 Ciclos de apagados por día aproximados.

Tabla VI.15 ciclos de apagados para un uso de 6h

Fig VI.6 Curva fotométrica. Fuente :[33] Philips Lighthing Página web: http://www.lighting.philips.es/prof

Tabla VI.16 Resultados resumen proyecto 1

Tabla VI.17 Tabla para un plano útil de 1,5 respecto al suelo

Tabla VI.18 Lista de la superficie de cálculo.

Tabla VI.19 tabla resumen a 1,5 m de altura

Tabla VI.20 Tabla resumen a nivel de suelo un tubo led

Tabla VI.21 Resumen pared 1 tubo de led

Tabla VI.22 Resumen pared 2 tubo de led

Tabla VI.23 Valores de deslumbramiento. Fuente :[33]

Tabla VI.24 Tabla resumen con dicroica

Tabla VI.25 Resultados luminicos a 1,5m con iluminación dicroica de led.

Tabla VI.26 Listado superficie de cálculo con dicroica.

Tabla VI.27 Valores de iluminación a un 1,5 m de altura

Tabla VI.28 Resultados con dicroica a nivel de suelo.

Tabla VI.29 Resultados en la pared 1

Tabla VI.30 Resultados en la pared 2

Tabla VI.23 Valores de deslumbramiento. Fuente :[33]

Tabla VI.24 Tabla resumen con dicroica

Tabla VI.25 Resultados luminicos a 1,5m con iluminación dicroica de led.

Tabla VI.26 Listado superficie de cálculo con dicroica.

Tabla VI.27 Valores de iluminación a un 1,5 m de altura

Tabla VI.28 Resultados con dicroica a nivel de suelo.

Tabla VI.29 Resultados en la pared 1

Tabla VI.30 Resultados en la pared 2

Tabla VI.31 Tabla de características de la instalación dos tubos de led.

Tabla VI.32 Tabla de resultados dos tubos led.

Tabla VI.33 Valores a nivel del suelo con dos tubos led

Tabla VI.34 Resultados en pared 1 con dos tubos.

Tabla VI.35 Resultados en pared 2 con dos tubos.

Tabla VI.36 Tabla de características de la instalación dos dicroicas.

Tabla VI.37 Resultados de la instalación con dos dicroicas

Tabla VI.38 Resultados obtenidos a nivel del suelo con dos dicroicas.

Tabla VI.39 Tabla resumen de resultados en pared uno con dos dicroicas.

Tabla VI.40 Tabla resumen de resultados en pared uno con dos dicroicas.

Tabla VI.36 Tabla de características de la instalación dos dicroicas.

Tabla VI.37 Resultados de la instalación con dos dicroicas

Tabla VI.38 Resultados obtenidos a nivel del suelo con dos dicroicas.

Tabla VI.39 Tabla resumen de resultados en pared uno con dos dicroicas.

Tabla VI.40 Tabla resumen de resultados en pared uno con dos dicroicas.

Tabla VI 41 tabla resumen de la instalación dos tubos led, pero solo luce uno.

Tabla VI 42 valores medios dos tubos led y uno apagado.

Tabla VI 43 Valores a nivel de suelo con dos tubos led y uno de ellos apagado.

Tabla VI 44 Valores en la pared 1 con dos tubos led y uno de ellos apagado.

Tabla VI 45 Valores en la pared 2 con dos tubos led y uno de ellos apagado.

Tabla VI 46 Valores en la pared 3 con dos tubos led y uno de ellos apagado.

Tabla VI 47 Valores en la pared 4 con dos tubos led y uno de ellos apagado.

Tabla VI 48 Resultados de la medición a 1m de altura con dos dicroicas y una apagada

Tabla VI 49 Intensidad lumínica media a 1m de altura con dos dicroicas y una apagada

Tabla VI 50 Valores a nivel de suelo con dos dicroicas y una apagada.

Tabla VI 51 Valores en la pared 1 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Tabla VI 52 Valores en la pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Tabla VI 53 Valores en la pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Tabla VI 54 Valores en la pared 4 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Tabla VII.1 Comparativa energética. Fuente:[34] Mitsubishi Electric página web: http://www.mitsubishielectric.com/elevator/es/overview/elevators/systems.html

Tabla VIII.1 Elementos y materiales del ascensor.

Tabla VIII.2 Categorías de impacto y unidades

Tabla VIII.3 Impacto total del ascensor seleccionado

Tabla VIII.4 Impacto del ascensor por materiales

Tabla VIII.5 Ascensor, contribución TOTAL de procesos en categoría Global Warming

Tabla VIII.6 Ascensor contribución por materiales de procesos en categoría Global Warming

Tabla VIII.7 Ascensor, inventario en la categoría Global Warming

Tabla VIII.8 Impacto por categorías de 1 kWh

Tabla VIII.9. Equivalencia ambiental de instalación con años de uso por categorías

Figuras

Fig I.1 palancas del Nilo Fuente: [1]The elevator museum en la página web: https://theelevatormuseum.org/early1.php

Fig I.2 Tornillo de Arquimedes Fuente:[2] libros maravillosos página web: www.librosmaravillosos.com/historiadelasmatematicasenlosultimos10000anos/capitulo02.html

Fig I.3 Elevador con cinta de correr Fuente:[3] Musei Vaticani página web: www.museivaticani.va/content/museivaticani/es/collezioni/musei/museo-gregoriano-profano/Mausoleo-degli-Haterii.html

Fig I.4 Rueda de agua Fuente:[4]Elevadores: Principios e innovaciones, autor Antonio Miravete/Emilio Larrodé capítulo 2 pag 16

Fig I.5 Cinta de elevavión por tracción animalFuente: [5] The elevator museum en la pagina web: https://theelevatormuseum.org/early4.php

Fig I.6 Denis Papin Fuente:[6] *Scientific American Supplement*, n.º 598, 18 de junio de 1887

Fig I.7 Máquina de vaporFuente:[7] Wikipedia pagina web: https://es.wikipedia.org/wiki/Denis_Papin

Fig I.8 Bomba de vapor Fuente:[8] The Potteries página web: www.thepotteries.org/biographies/newcomen.htm

Fig I.9 Bomba de vapor atmosférica Fuente:[9]Inventionary página web: www.inventionary.com.ar/2013/01/05/inventor-de-la-maquina-de-vapor/

Fig I.10 Cadena de cangilones para carga y descarga se barcos Fuente:[10] Wikipedia página web: https://en.wikipedia.org/wiki/Oliver_Evans

Fig I.11 Automatización de tamizado de harina Fuente:[10] Wikipedia página web: https://en.wikipedia.org/wiki/Oliver_Evans

Fig I.12 Máquina de vapor de doble efecto Fuente:[11] Técnologias página web: www.tecnologias.us/JAMES%20WATT%20Y%20LA%20MAQUINA%20DE%20VAPOR.htm

Fig I.13 El ascensor "Teagle"Fuente:[12] Elevadores: Principios e innovaciones, autor Antonio Miravete/Emilio Larrodé capítulo 2 página 19

Fig I.14 Motores a vapor para ascensores Fuente:[13] The elevator museum página web: https://theelevatormuseum.org/steam1.php

Fig I.15 Demostración de Otis en 1854 Fuente:[14] Wikipedia página web: https://en.wikipedia.org/wiki/Elisha_Otis

Fig I.16 Ascensor hidráulico de Edaux Fuente: [15]The elevator museumen la página web: https://theelevatormuseum.org/steam2.php

Fig I.17 Los hermanos Siemens Fuente:[16] The elevator museum en la página web: https://theelevatormuseum.org/elec1.php

Fig I.18 Ascensor eléctrico de época Fuente: [17] Afinidad eléctrica pagina web: www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=125

Fig I.19 Ascensor eléctrico con polea de tracción Fuente: Elevadores:[18] Principios e innovaciones, autor Antonio Miravete/Emilio Larrodé capítulo 2 pag 29

Fig II.1 elementos de un ascensor Fuente:[19] Eca Instituto de Tecnología y Formación, S.A. Ascensores Electromecánicos I

Fig II.2 Tipología de las poleas tractoras Fuente:[19] Eca Instituto de Tecnología y Formación, S.A. Ascensores Electromecánicos I

Fig II.3Tipología de un ascensor hidráulico Fuente:[20] Eca Instituto de Tecnología y Formación, S.A. Ascensores Oleodinámicos

Fig III.1 Cable de acero Fuente: :[22] Eca Instituto de Tecnología y Formación, S.A. Ascensores Electromecánicos II

Fig III.2 Cinta de tracción Otis Fuente: [23] Otis página web: http://www.otis.com/site/ar/pages/Gen2Elevator.aspx

Fig III.2 Cuadro de maniobra antiguo Fuente:[24]rescateascensores.es en la página web: https://www.google.es/search?q=diario+de+un+ascensorista+cuadros&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjDlvT-zKPTAhVMtBQKHQ4gCdoQ_AUIBigB&biw=1366&bih=643#tbm=isch&q=+ascensorista+cuadros&imgdii=Ao-EjVBXgjVVYM:&imgrc=nmr0LrAm7z40XM:&spf=414

Fig III.3 Residuos de un ascensor Fuente:[26] Técnica Industrial página web: http://www.tecnicaindustrial.es/tifrontal/a-1969-La-proteccion-medioambiental-sector-ascensorista.aspx

Fig IV.1 Ascensores por habitante Fuente:[27]

Fig IV.2 Evolución del modelo de negocio del ascensor Fuente: [27]

Fig V.1Ciclo de un ascensor eléctrico fuente:[28]Ente Regional de la Energía de Castilla y León(EREN), Manual de eficiencia energética en aparatos de elevación, pagina web: www.eren.jcyl.es

Fig V.2 Ciclo de un ascensor hidráulico Fuente: [28]

Fig V.3 Comparativa entre tiempo de uso y energía especifica. Elaboración propia apartir de la referencia [28]

Fig V.4 Comparativa energías específicas. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Fig V.5 Comparativa energías específicas. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Fig V.7 Comparativa energías específicas AE01. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Fig V.7 Comparativa energías específicas AE01. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Fig V.8 Certificado de eficiencia energética. Fuente: [28]

Fig VI.1 Evolución del parque de ascensores español. Fuente: [21] Guía sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Ascensores de la Comunidad de Madrid, pagina web: www.madrid.org

Fig VI.2 Motor de imanes permanentes. Fuente: [21] Guía sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Ascensores de la Comunidad de Madrid, pagina web: www.madrid.org

Fig VI.3 Cintas planas de otis. Fuente: [21]

Fig VI.3 Cable sintético Schindler. Fuente: [29] Diario de un ascensorista, página web: http://diariodeunascensorista.blogspot.com.es/2013/11/historia-ascensor-3.html

Fig VI.4 Relé multifunción Fuente:[31] Finder pagina web: https://www.findernet.com/es/worldwide/products/families/23/series/80

Fig VI.5 Detector de presencia. Fuente:[32] B.E.G. Página web: http://www.luxomat.com/es/

Fig VI.5.1 Detector de presencia radar. Fuente:[32] B.E.G. Página web: http://www.luxomat.com/es/

Fig VI.6 Curva fotométrica. Fuente :[33] Philips Lighthing Página web: http://www.lighting.philips.es/prof

Fig VI.7 Tubo led. Fuente :[33] Philips Lighthing Página web: http://www.lighting.philips.es/prof

Fig VI.8 Curva Fotométrica. Fuente :[33]

Fig VI.8 Isolíneas resumen proyecto 1

Fig VI.9 Superficie de cálculo

Fig VI.10 Procesado de colores

Fig VI.11 Isolíneas a 1,5 m de altura.

Fig VI.12 Escala de grises a 1,5 m de altura

Fig VI.13 Escala de valores a 1,5 m de altura

Fig VI.14 Isolíneas a nivel de suelo

Fig VI.15 Escala de grises a nivel del suelo.

Fig VI.17 Escala de valores a nivel del suelo.

Fig VI.18 Pared 1.

Fig VI.19 Isolíneas en la pared 1 tubo de led

Fig VI.20 Escala de grises en la pared 1 tubo de led

Fig VI.21 Escala de valores en la pared 1 tubo de led

Fig VI.22 Pared 2 tubo de led

Fig VI.23 Isolíneas pared 2 tubo de led

Fig VI.24 Escala de grises pared 2 tubo de led

Fig VI.25 Escala de valores pared 2 tubo de led

Fig VI.26 Dicroica y Curva Fotométrica. Fuente :[33]

Fig VI.27 Resumen de Isolíneas dicroica

Fig VI.28 superficie de cálculo dicroica.

Fig VI.29 Escala de colores con iluminación dicroica.

Fig VI.30 Isolíneas a 1,5m de altura con dicroica.

Fig VI.31 Escala de grises a 1,5m de altura con dicroica.

Fig VI.32 Escala de valores a 1,5m de altura con dicroica.

Fig VI.33 Isolíneas a nivel del suelo con dicroica

Fig VI.34 Escala de grises a nivel del suelo con dicroica

Fig VI.35 Escala de valores a nivel del suelo con dicroica.

Fig VI.36 Pared 1 para dicroica

Fig VI.37 Isolíneas pared 1 con dicroica.

Fig VI.38 Escala de grises pared 1 con dicroica.

Fig VI.38 Escala de valores pared 1 con dicroica.

Fig VI.39 Pared 2 con dicroica

Fig VI.40 Isolíneas en pared 2 con dicroica

Fig VI.41 Escala de grises pared 2 con dicroica

Fig VI.42 Escala de valores pared 2 con dicroica

Fig VI.26 Dicroica y Curva Fotométrica. Fuente :[33]

Fig VI.27 Resumen de Isolíneas dicroica

Fig VI.28 superficie de cálculo dicroica.

Fig VI.29 Escala de colores con iluminación dicroica.

Fig VI.30 Isolíneas a 1,5m de altura con dicroica.

Fig VI.31 Escala de grises a 1,5m de altura con dicroica.

Fig VI.32 Escala de valores a 1,5m de altura con dicroica.

Fig VI.33 Isolíneas a nivel del suelo con dicroica

Fig VI.34 Escala de grises a nivel del suelo con dicroica

Fig VI.35 Escala de valores a nivel del suelo con dicroica.

Fig VI.36 Pared 1 para dicroica

Fig VI.37 Isolíneas pared 1 con dicroica.

Fig VI.38 Escala de grises pared 1 con dicroica.

Fig VI.38 Escala de valores pared 1 con dicroica.

Fig VI.39 Pared 2 con dicroica

Fig VI.40 Isolíneas en pared 2 con dicroica.

Fig VI.41 Escala de grises pared 2 con dicroica

Fig VI.42 Escala de valores pared 2 con dicroica

Fig VI.6 Curva fotométrica. Fuente :[33] Philips Lighthing Página web: http://www.lighting.philips.es/prof

Fig VI.7 Tubo led. Fuente :[33]

Fig VI.42 Isolíneas de la instalación 2 tubos led.

Fig VI.43 Isolíneas a nivel del suelo dos tubos led.

Fig VI.44 escala de grises a nivel del suelo dos tubos led.

Fig VI.45 escala de valores a nivel del suelo dos tubos led.

Fig VI.46 pared 1 dos tubos .

Fig VI.47 Isolíneas pared 1 dos tubos

Fig VI.48 escala de grises pared 1 dos tubos.

Fig VI.48 escala de valores pared 1 dos tubos.

Fig VI.49 pared 2 dos tubos led

Fig VI.50 Isolíneas pared 2 dos tubos led.

Fig VI.51 Escala de grises pared 2 dos tubos led.

Fig VI.52 Escala de valores pared 2 dos tubos led.

Fig VI.26 Dicroica y Curva Fotométrica. Fuente :[33]

Fig VI.53 Isolíneas de la instalación dos dicroicas.

Fig VI.54 Procesado de colores con dos dicroicas.

Fig VI.55 Isolíneas a nivel de suelo con dos dicroicas.

Fig VI.56 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas.

Fig VI.57 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas.

Fig VI.58 Pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.59 Isolíneas pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.60 Escala de grises en pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.60 Escala de valores en pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.61 Pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.62 Isolíneas pared 2 con dos dicroicas.

Fig VI.63 Escala de grises en la pared 2 con dos dicroicas.

Fig VI.63 Escala de valores en la pared 2 con dos dicroicas.

Fig VI.26 Dicroica y Curva Fotométrica. Fuente :[33]

Fig VI.53 Isolíneas de la instalación dos dicroicas.

Fig VI.54 Procesado de colores con dos dicroicas.

Fig VI.55 Isolíneas a nivel de suelo con dos dicroicas.

Fig VI.56 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas.

Fig VI.57 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas.

Fig VI.58 Pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.59 Isolíneas pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.60 Escala de grises en pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.60 Escala de valores en pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.61 Pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.62 Isolíneas pared 2 con dos dicroicas.

Fig VI.63 Escala de grises en la pared 2 con dos dicroicas.

Fig VI.63 Escala de valores en la pared 2 con dos dicroicas.

Fig VI.64 Cabina con dos tubos led y solo una en funcionamiento.

Fig VI.65 Dos tubos led y uno fundido.

Fig VI.66 Procesado de colores para dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.67 Isolíneas a nivel de suelo para dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.68 Escala de grises a nivel de suelo para dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.69 Escala de valores a nivel de suelo para dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.70 Pared 1 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

Fig VI.71 Isolíneas en pared 1con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.72 Escala de grises pared 1con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.73 Escala de valores pared 1con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.73 Pared 2 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

Fig VI.74 Isolíneas en pared 2 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.75 Escala de grises pared 2 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.76 Escala de valores pared 2 con dos tubos led y uno apagado

Fig VI.77 Pared 3 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

Fig VI.78 Isolíneas en pared 3 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.79 Escala de grises pared 3 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.80 Escala de valores pared 3 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.81 Pared 4 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

Fig VI.82 Isolíneas en pared 4 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.83 Escala de grises pared 4 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.84 Escala de valores pared 4 con dos tubos led y uno apagado.Fig VI.26 Dicroica y Curva Fotométrica. Fuente :[33]

Fig VI.53 Isolíneas de la instalación dos dicroicas.

Fig VI.54 Procesado de colores con dos dicroicas.

Fig VI.55 Isolíneas a nivel de suelo con dos dicroicas.

Fig VI.56 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas.

Fig VI.57 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas.

Fig VI.58 Pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.59 Isolíneas pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.60 Escala de grises en pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.60 Escala de valores en pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.61 Pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.62 Isolíneas pared 2 con dos dicroicas.

Fig VI.63 Escala de grises en la pared 2 con dos dicroicas.

Fig VI.63 Escala de valores en la pared 2 con dos dicroicas.

Fig VI.64 Cabina con dos tubos led y solo una en funcionamiento.

Fig VI.65 Dos tubos led y uno fundido.

Fig VI.66 Procesado de colores para dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.67 Isolíneas a nivel de suelo para dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.68 Escala de grises a nivel de suelo para dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.69 Escala de valores a nivel de suelo para dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.70 Pared 1 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

Fig VI.71 Isolíneas en pared 1con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.72 Escala de grises pared 1con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.73 Escala de valores pared 1con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.73 Pared 2 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

Fig VI.74 Isolíneas en pared 2 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.75 Escala de grises pared 2 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.76 Escala de valores pared 2 con dos tubos led y uno apagado

Fig VI.77 Pared 3 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

Fig VI.78 Isolíneas en pared 3 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.79 Escala de grises pared 3 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.80 Escala de valores pared 3 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.81 Pared 4 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

Fig VI.82 Isolíneas en pared 4 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.83 Escala de grises pared 4 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.84 Escala de valores pared 4 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.85 Datos de la instalación con dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.86 Isolíneas a un metro de altura con dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.86 Gráfico de colores con dos dicroicas y una apagada.

Fig VI.87 Isolíneas a nivel de suelo con dos dicroicas y una apagada.

Fig VI.89 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas y una apagada.

Fig VI.90 Escala de valores a nivel de suelo con dos dicroicas y una apagada.

Fig VI.91 Pared 1 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.92 Isolíneas Pared 1 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.93 Escala de grises Pared 1 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.94 Escala de valores pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.95 Pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.96 Isolíneas Pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.97 Escala de grises Pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.98 Escala de valores pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.99 Pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.100 Isolíneas Pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.101 Escala de grises Pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.102 Escala de valores pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.103 Pared 4 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.104 Isolíneas Pared 4 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.105 Escala de grises Pared 4 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.106 Escala de valores pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.26 Dicroica y Curva Fotométrica. Fuente :[33]

Fig VI.53 Isolíneas de la instalación dos dicroicas.

Fig VI.54 Procesado de colores con dos dicroicas.

Fig VI.55 Isolíneas a nivel de suelo con dos dicroicas.

Fig VI.56 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas.

Fig VI.57 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas.

Fig VI.58 Pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.59 Isolíneas pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.60 Escala de grises en pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.60 Escala de valores en pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.61 Pared 1 con dos dicroicas.

Fig VI.62 Isolíneas pared 2 con dos dicroicas.

Fig VI.63 Escala de grises en la pared 2 con dos dicroicas.

Fig VI.63 Escala de valores en la pared 2 con dos dicroicas.

Fig VI.64 Cabina con dos tubos led y solo una en funcionamiento.

Fig VI.65 Dos tubos led y uno fundido.

Fig VI.66 Procesado de colores para dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.67 Isolíneas a nivel de suelo para dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.68 Escala de grises a nivel de suelo para dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.69 Escala de valores a nivel de suelo para dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.70 Pared 1 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

Fig VI.71 Isolíneas en pared 1con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.72 Escala de grises pared 1con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.73 Escala de valores pared 1con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.73 Pared 2 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

Fig VI.74 Isolíneas en pared 2 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.75 Escala de grises pared 2 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.76 Escala de valores pared 2 con dos tubos led y uno apagado

Fig VI.77 Pared 3 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

Fig VI.78 Isolíneas en pared 3 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.79 Escala de grises pared 3 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.80 Escala de valores pared 3 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.81 Pared 4 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

Fig VI.82 Isolíneas en pared 4 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.83 Escala de grises pared 4 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.84 Escala de valores pared 4 con dos tubos led y uno apagado.

Fig VI.85 Datos de la instalación con dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.86 Isolíneas a un metro de altura con dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.86 Gráfico de colores con dos dicroicas y una apagada.

Fig VI.87 Isolíneas a nivel de suelo con dos dicroicas y una apagada.

Fig VI.89 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas y una apagada.

Fig VI.90 Escala de valores a nivel de suelo con dos dicroicas y una apagada.

Fig VI.91 Pared 1 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.92 Isolíneas Pared 1 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.93 Escala de grises Pared 1 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.94 Escala de valores pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.95 Pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.96 Isolíneas Pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.97 Escala de grises Pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.98 Escala de valores pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.99 Pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.100 Isolíneas Pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.101 Escala de grises Pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.102 Escala de valores pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.103 Pared 4 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.104 Isolíneas Pared 4 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.105 Escala de grises Pared 4 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VI.106 Escala de valores pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Fig VII.1 Comparativa caso 1 y 4 en vacío y subida.

Fig VII.2 Comparativa caso 1 y 4 en subida con 1 persona.

Fig VII.3 Comparativa caso 1 y 4 en subida con 2 personas.

Fig VII.4 Comparativa caso 1 y 4 en subida con 3 personas.

Fig VII.5 Comparativa caso 1 y 4 en subida con 4 personas.

Fig VII.6 Comparativa caso 1 y 4 en subida con 5 personas.

Fig VII.7 Comparativa caso 1 y 4 en subida con 6 personas.

Fig VII.8 Comparativa caso 1 y 4 en vacío y bajada.

Fig VII.9 Comparativa caso 1 y 4 en bajada con 1 persona.

Fig VII.10 Comparativa caso 1 y 4 en bajada con 2 personas.

Fig VII.11 Comparativa caso 1 y 4 en bajada con 3 personas.

Fig VII.12 Comparativa caso 1 y 4 en bajada con 4 personas.

Fig VII.13 Comparativa caso 1 y 4 en bajada con 5 personas.

Fig VII.14 Comparativa caso 1 y 4 en bajada con 6 personas.

Fig VII.15 Comparativa caso 2 y 4 en vacío y subida.

Fig VII.16 Comparativa caso 2 y 4 en subida con 1 persona.

Fig VII.17 Comparativa caso 2 y 4 en subida con 2 personas.

Fig VII.18 Comparativa caso 2 y 4 en subida con 3 personas.

Fig VII.19 Comparativa caso 2 y 4 en subida con 4 personas.

Fig VII.20 Comparativa caso 2 y 4 en subida con 5 personas.

Fig VII.21 Comparativa caso 2 y 4 en subida con 6 personas.

Fig VII.22 Comparativa caso 2 y 4 en vacío y bajada.

Fig VII.23 Comparativa caso 2 y 4 en bajada con 1 persona.

Fig VII.24 Comparativa caso 2 y 4 en bajada con 2 personas.

Fig VII.25 Comparativa caso 2 y 4 en bajada con 3 personas.

Fig VII.26 Comparativa caso 2 y 4 en bajada con 4 personas.

Fig VII.27 Comparativa caso 2 y 4 en bajada con 5 personas.

Fig VII.28 Comparativa caso 2 y 4 en bajada con 6 personas.

Fig VII.29 Comparativa caso 3 y 4 en vacío y subida.

Fig VII.30 Comparativa caso 3 y 4 en subida con 1 persona.

Fig VII.31 Comparativa caso 3 y 4 en subida con 2 personas.

Fig VII.32 Comparativa caso 3 y 4 en subida con 3 personas.

Fig VII.33 Comparativa caso 3 y 4 en subida con 4 personas.

Fig VII.34 Comparativa caso 3 y 4 en subida con 5 personas.

Fig VII.35 Comparativa caso 3 y 4 en subida con 6 personas.

Fig VII.36 Comparativa caso 3y 4 en vacío y bajada.

Fig VII.37 Comparativa caso 3 y 4 en bajada con 1 persona.

Fig VII.38 Comparativa caso 3 y 4 en bajada con 2 personas.

Fig VII.39 Comparativa caso 3 y 4 en bajada con 3 personas.

Fig VII.40 Comparativa caso 3 y 4 en bajada con 4 personas.

Fig VII.41 Comparativa caso 3 y 4 en bajada con 5 personas.

Fig VII.42 Comparativa caso 3 y 4 en bajada con 6 personas.

Figura VIII.1.- Impacto del ascensor por materiales

Figura VIII.2.- Ascensor, contribución por materiales de procesos en categoría Global Warming

Figura VIII.3.- Ascensor, inventario en la categoría Global Warming

CAPÍTULO 1

1 Introducción.

1.1 Introducción

Esta Tesis Doctoral de Titulo "Análisis energético y ambiental de ascensores y contribuciones de mejora" realiza un exhaustivo análisis del parque nacional de ascensores, desde los puntos de vista energético y ambiental, para contribuir tanto al estado actual de su conocimiento como a las posibilidades de mejora en esas dos importantes líneas.

Puede considerarse que hoy en día el ascensor es el medio de transporte más seguro y uno de los más utilizados por la población urbana; de ahí la importancia de buscar la optimización en el transporte de pasajeros, que diariamente se mueven con estos medios de transporte por los edificios de nuestras ciudades.

1.2 Descripción de la investigación

Para la mayoría de la población el ascensor es simplemente un cuarto con botones que nos deja en el piso deseado. Pero verdaderamente es una máquina compleja que se alimenta de energía y genera un consumo energético cuantioso por su funcionamiento, así como un impacto ambiental.

Por tanto la investigación se centra en cómo mejorar la eficiencia energética de nuestro parque de ascensores, optimizando al máximo todos los factores que influyen en el consumo del ascensor, y más concretamente en la carga de éste. Y tan importante como la eficiencia energética en sí es el impacto que tanto ésta, como los materiales y residuos ejercen en el medio ambiente, por lo que también se trata en este trabajo el impacto ambiental de los ascensores empleando la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

1.3 Estado del arte

Se puede decir que las ciudades, tal y como las conocemos, no se habrían desarrollado sin el ascensor tal y como lo conocemos. El invento que revolucionó este mundo de la elevación lo inventó Elisha Graves Otis en 1853, con la invención de un dispositivo que hizo al ascensor más seguro.

Recorramos ahora un desarrollo histórico por las etapas más relevantes en el mundo del ascensor.

- Se puede considerar que sobre el 2900ac, para la creación de la gran pirámide de Keops, se utilizaron unos primitivos mecanismos de elevación, para el movimiento de las grandes piedras que la componían.
- Sobre el 2500-1500ac se sabe que los canales del riego del Nilo utilizaban palancas con contrapesos. Vease Fig I.1

Fig I.1 palancas del Nilo Fuente: [1]The elevator museum en la pagina web: https://theelevatormuseum.org/early1.php

- En 236ac el físico, matemático e inventor Arquímedes inventó el famoso tornillo de Arquímedes con manivela, utilizado para levantar agua y material ligero Fig I.2 .

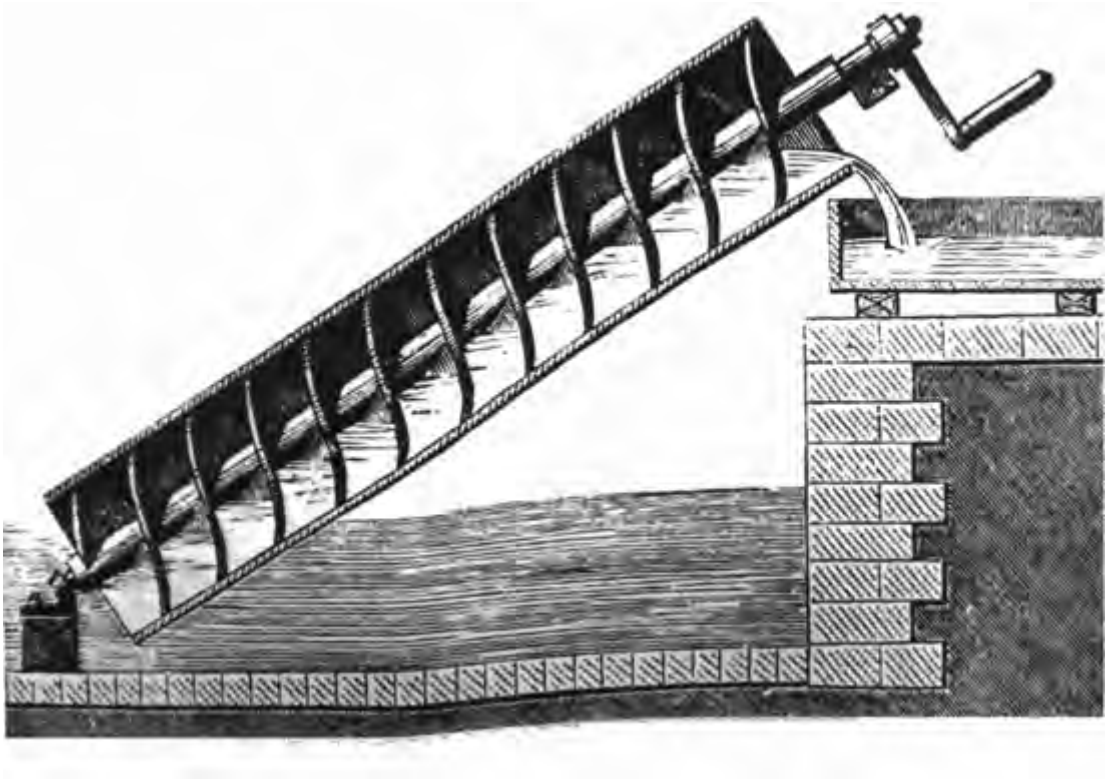


Fig I.2 Tornillo de Arquimedes Fuente:[2] libros maravillosos pagina web: www.librosmaravillosos.com/historiadelasmatematicasenlosultimos10000anos/capitulo02.html

- En 100ac se utilizó la cinta de correr con equipos de hombres para el levantamiento de piedras para la tumba de Haterii Fig I.3.

Fig I.3 Elevador con cinta de correr Fuente:[3] Musei Vaticani página web: www.museivaticani.va/content/museivaticani/es/collezioni/musei/museo-gregoriano-profano/Mausoleo-degli-Haterii.html

- En el año 50 dc apareció la rueda de agua de eje horizontal impulsada por un flujo de agua Fig I.4.

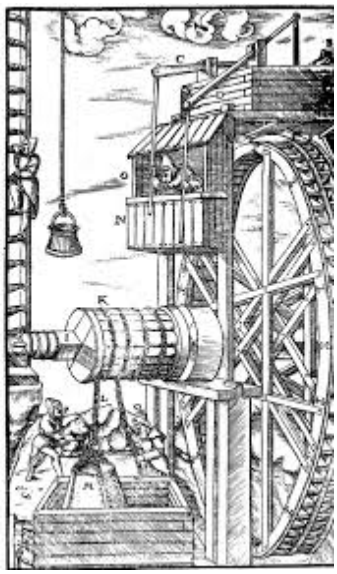


Fig I.4 Rueda de agua Fuente:[4]Elevadores: Principios e innovaciones, autor Antonio Miravete/Emilio Larrodé capítulo 2 pag 16

- En 1230dc una cinta de elevación impulsada por burros apareció en la abadía de Mont-Saint-Michel en la Normandía francesa Fig I.5.

Fig I.5 Cinta de elevavión por tracción animalFuente:[5] The elevator museum en la pagina web: https://theelevatormuseum.org/early4.php

- En 1690dc el ingeniero francés Denis Papin Fig I.6 desarrolló la idea de utilizar el vapor de agua para bombear (la máquina de embolo sustituyendo el explosivo). Él fue el inventor de la caldera de vapor a alta presión en 1707 Fig I.7.

Fig I.6 Denis Papin Fuente:[6] *Scientific American Supplement*, n.º 598, 18 de junio de 1887

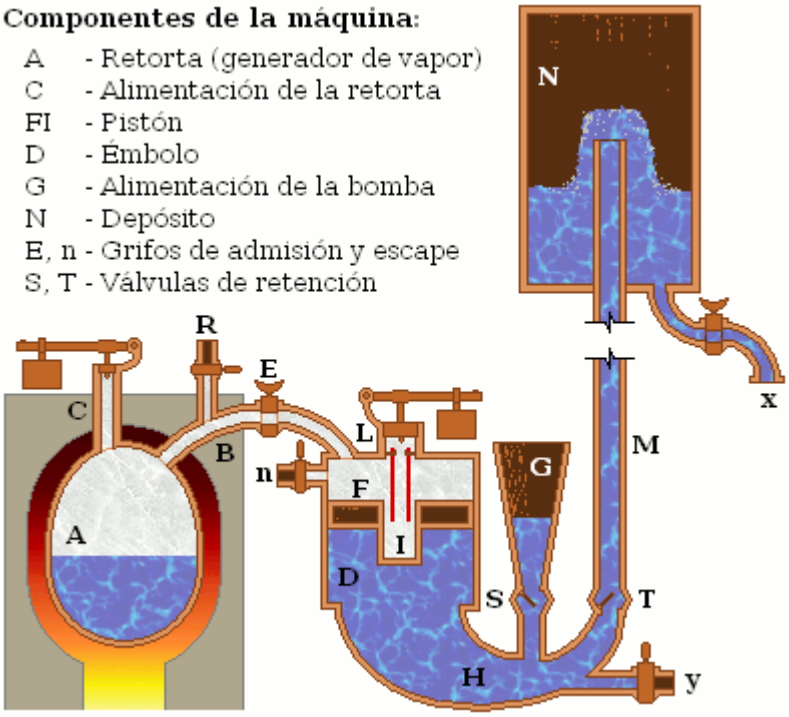


Fig I.7 Máquina de vaporFuente:[7] Wikipedia pagina web: https://es.wikipedia.org/wiki/Denis_Papin .

- En 1698dc Thomas Savery perfecciono la bomba de vapor para vaciar las minas inglesas de agua Fig I.8.

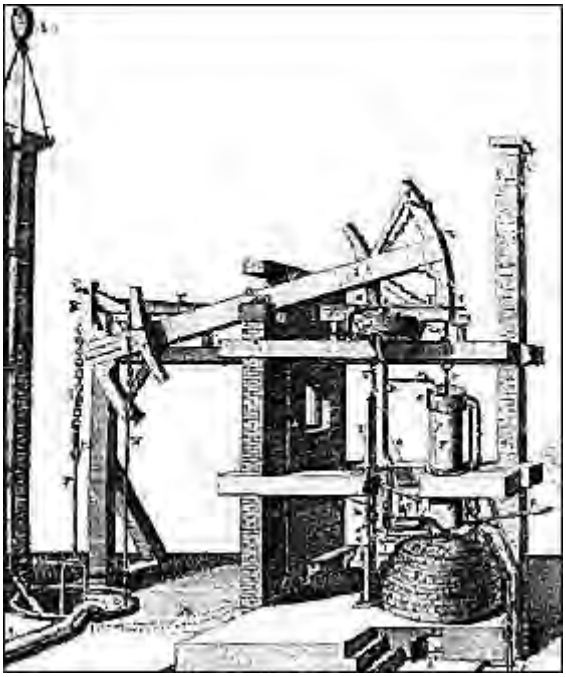


Fig I.8 Bomba de vapor Fuente:[8] The Potteries página web: www.thepotteries.org/biographies/newcomen.htm

- En 1720dc Thomas Newcomen diseñó una máquina de vapor atmosférica para el bombeo de agua de las minas, sistema peligroso y que provocó varios accidentes por el uso de vapor a altas presiones Fig I.9.

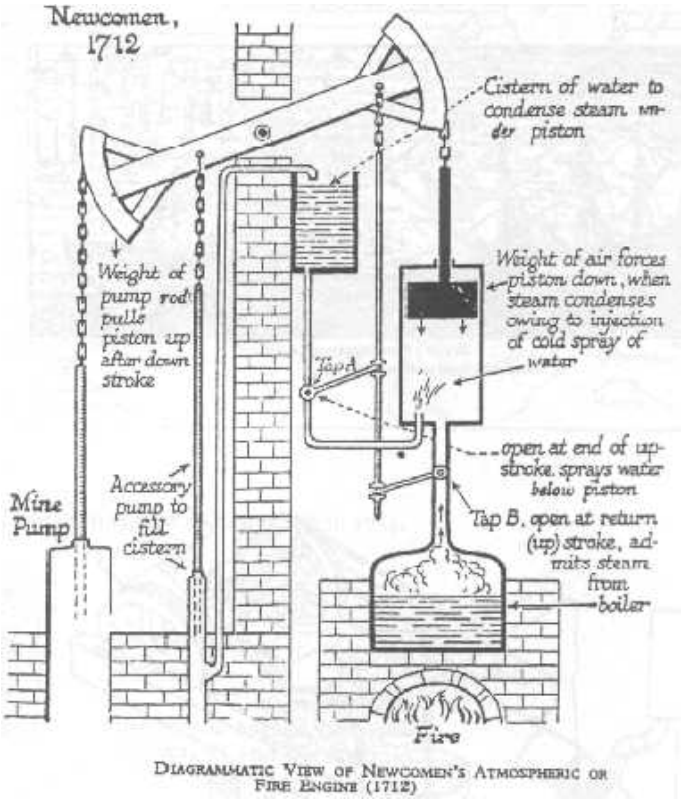


Fig I.9 Bomba de vapor atmosférica Fuente:[9]Inventionary página web: www.inventionary.com.ar/2013/01/05/inventor-de-la-maquina-de-vapor/

- En 1743dc se puede hablar del primer elevador para personas con una polea simple y un contrapeso, utilizado por Luis XV en Versalles para llegar a los aposentos de su amante.

- En 1780 Oliver Evans inventó un elevador para el transporte continuo de cargas en Estados Unidos, para la descarga de buques o para llenar silos. El invento es básicamente una cadena llena con cangilones intercalados Fig I.10 y Fig I.11.

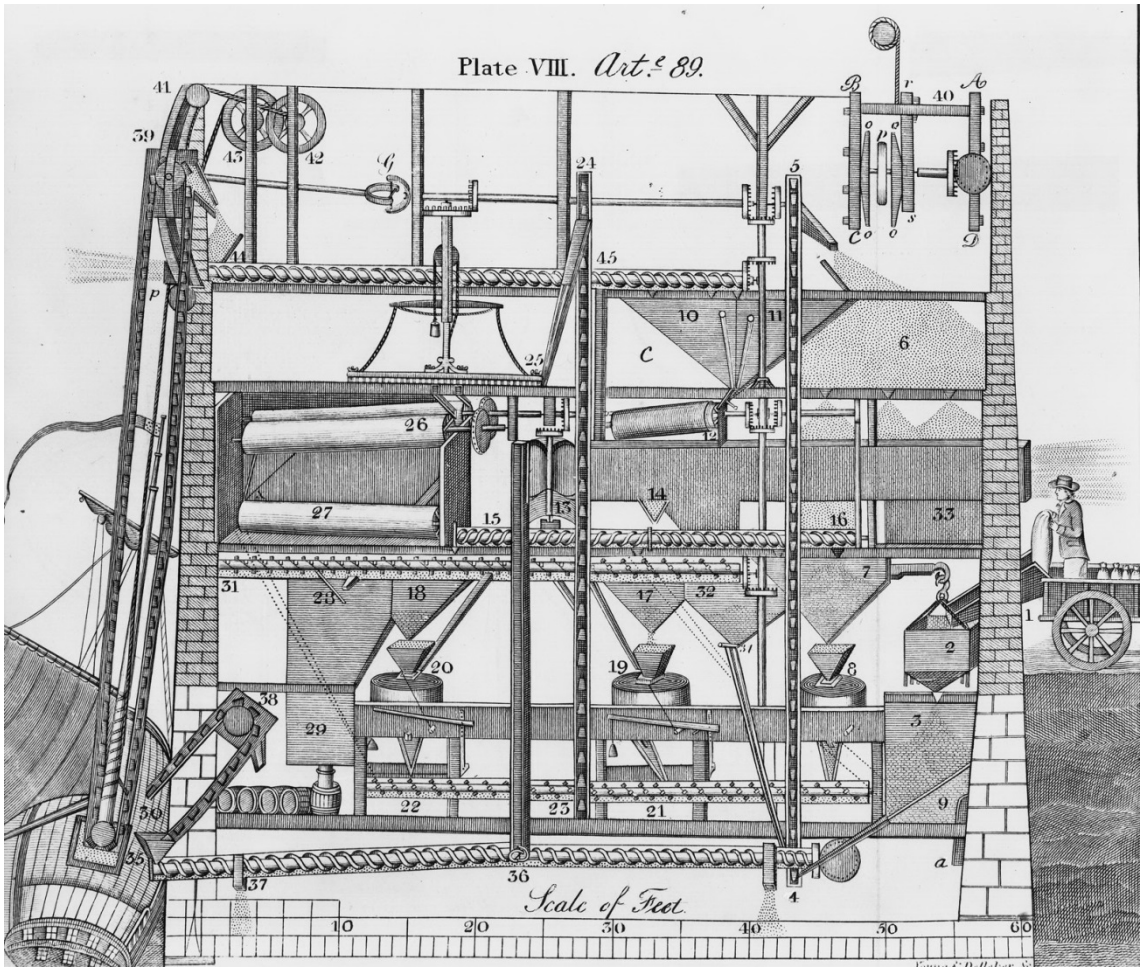


Fig I.10 Cadena de cangilones para carga y descarga se barcos Fuente:[10] Wikipedia página web: https://en.wikipedia.org/wiki/Oliver_Evans

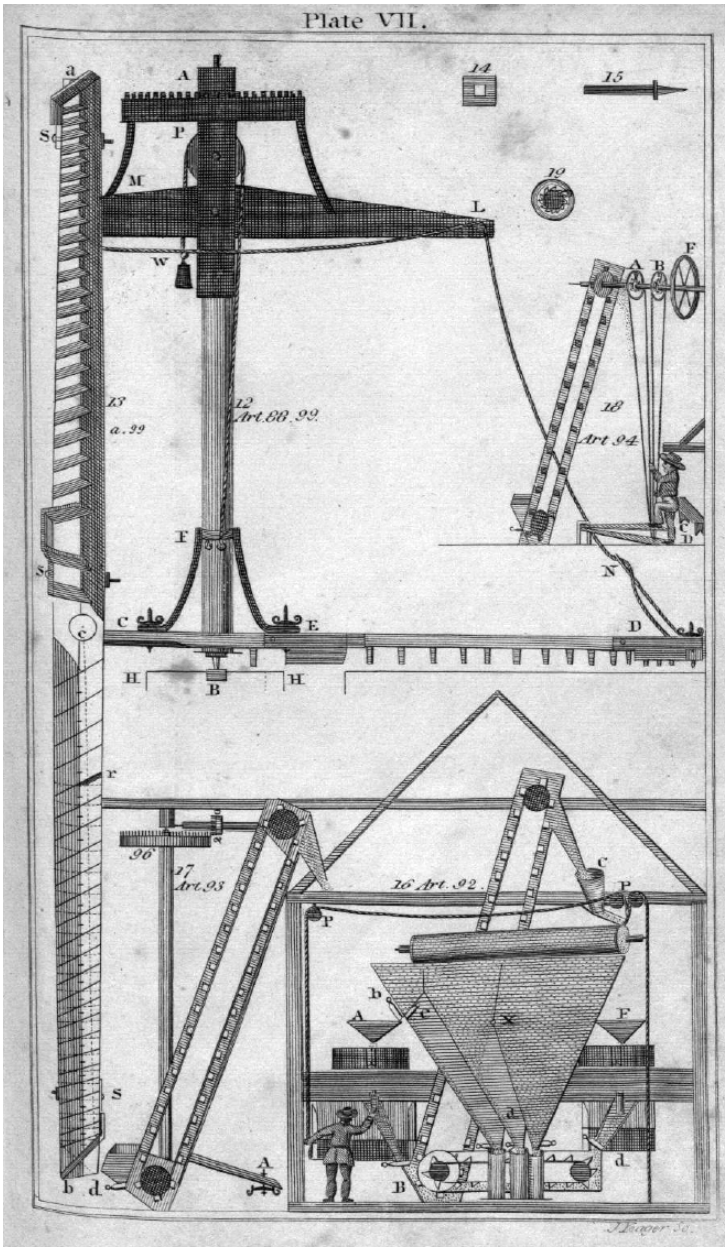


Fig I.11 Automatización de tamizado de harina Fuente:[10] Wikipedia página web: https://en.wikipedia.org/wiki/Oliver_Evans

- En 1782dc James Watt invento la máquina de vapor rotatoria de doble efecto Fig I.12.

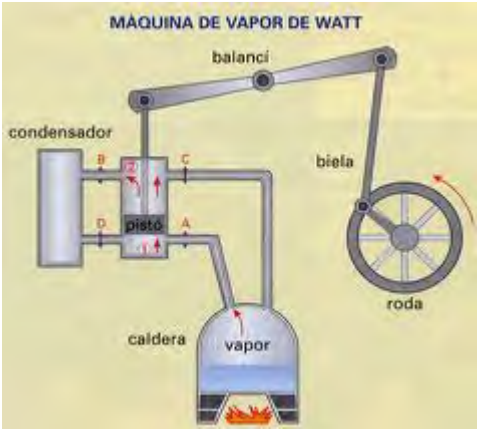


Fig I.12 Máquina de vapor de doble efecto Fuente:[11] Técnologias página web: www.tecnologias.us/JAMES%20WATT%20Y%20LA%20MAQUINA%20DE%20VAPOR.htm

- En 1891 Hans Oersted descubrió el electromagnetismo.

- En 1821 Faraday descubrió la rotación electromagnética.

- En 1823 Burton y Hormer hicieron una plataforma para elevar hasta un máximo de 20 personas a unos 37m de altura.

- En 1835 destaca el ascensor "Teagle", accionado por correa contrapeso, desarrollado por Frost y Stutt en Inglaterra Fig I.13.

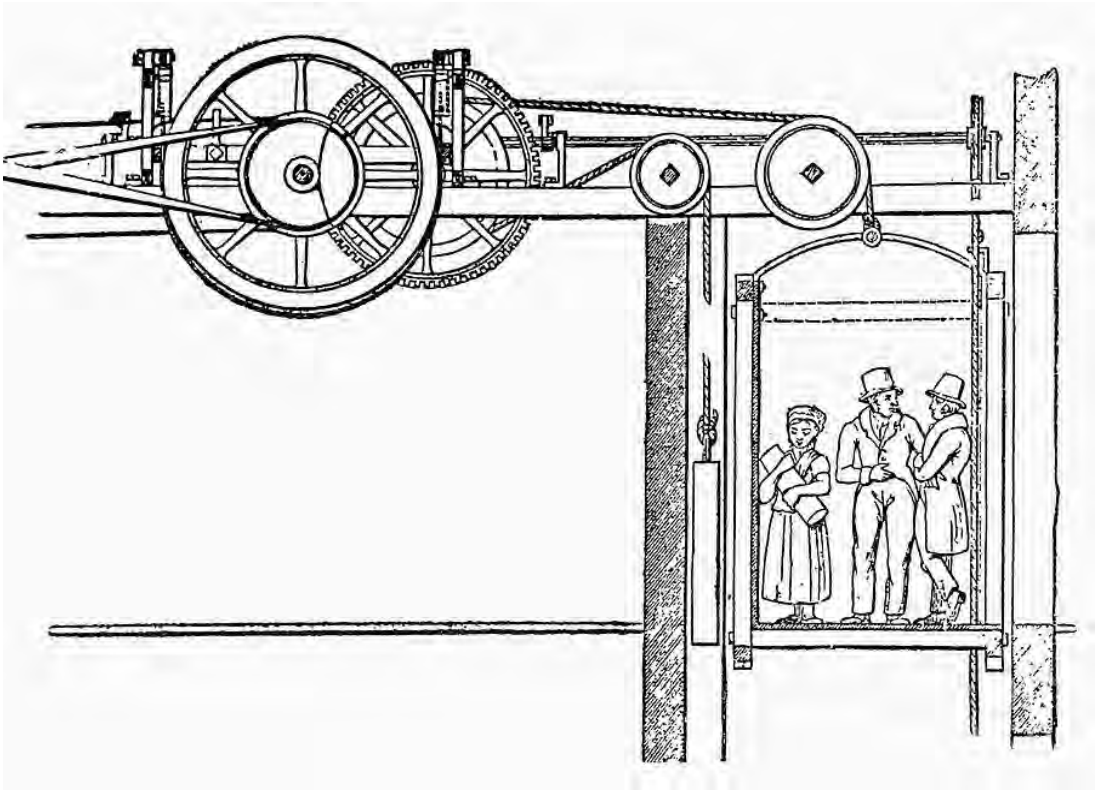


Fig I.13 El ascensor "Teagle"Fuente:[12] Elevadores: Principios e innovaciones, autor Antonio Miravete/Emilio Larrodé capítulo 2 página 19

Ésta es la imagen del ascensor Teagle, muy parecido al ascensor que conocemos en nuestros días.

- Alrededor de 1840 se empiezan a introducir los cables de alambres.

- En 1845 Sir Wiliam Thompson patentó el primer elevador hidráulico para cargas.

- En 1850 se crean los montacargas movidos a vapor, instalándose un sistema de corona y tornillo sinfín, para mover un gran tambor de arrollamiento Fig I.14.

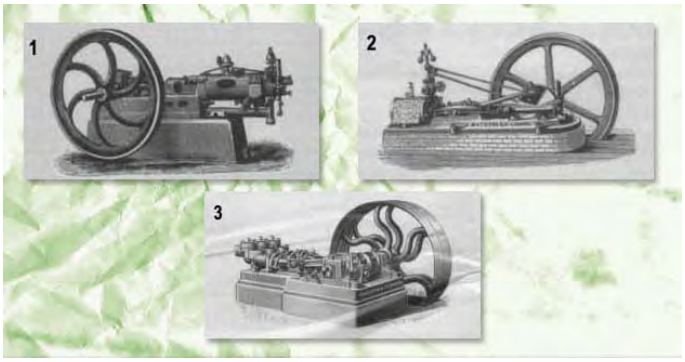


Fig I.14 Motores a vapor para ascensores Fuente:[13] The elevator museum página web: https://theelevatormuseum.org/steam1.php

- En 1852 Elisha G. Otis diseña el primer ascensor seguro para pasajeros y en 1854 lo expone en el Palacio de Cristal de Nueva York Fig I.15.

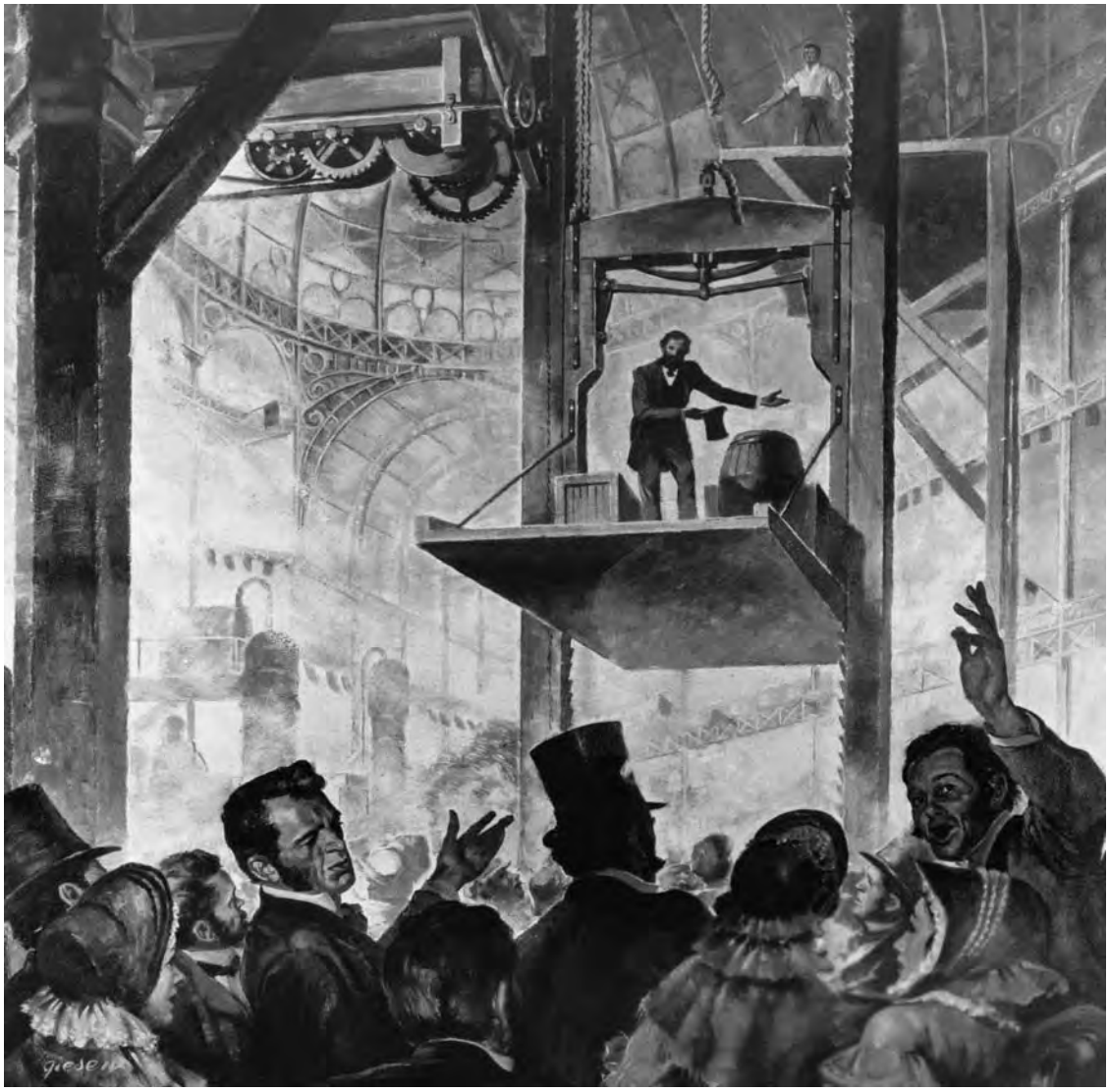


Fig I.15 Demostración de Otis en 1854 Fuente:[14] Wikipedia página web: https://en.wikipedia.org/wiki/Elisha_Otis

- En 1867 el francés Leon Edaux presentó un aparato elevador movido por la presión de agua Fig I.16.

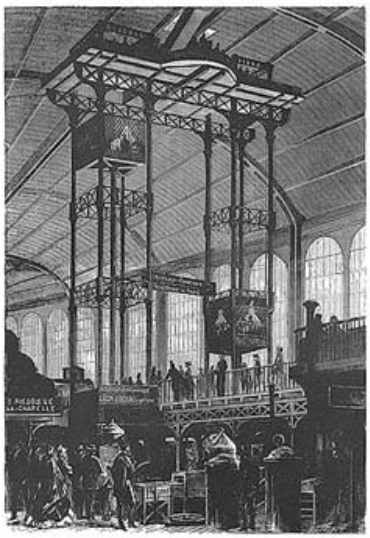


Fig I.16 Ascensor hidráulico de Edaux Fuente: [15]The elevator museumen la página web: https://theelevatormuseum.org/steam2.php

Foto de la exposición de Paris de 1867, donde se presentaron dos ascensores de émbolos gigantes. Fue en ese momento cuando los franceses adoptaron el término de ascenseur o elevador, que se asumió como uso común en occidente, salvo los británicos que mantuvieron el termino lift.

- En 1878 aparece el primer ascensor eléctrico patentado por Siemens Fig I.17.

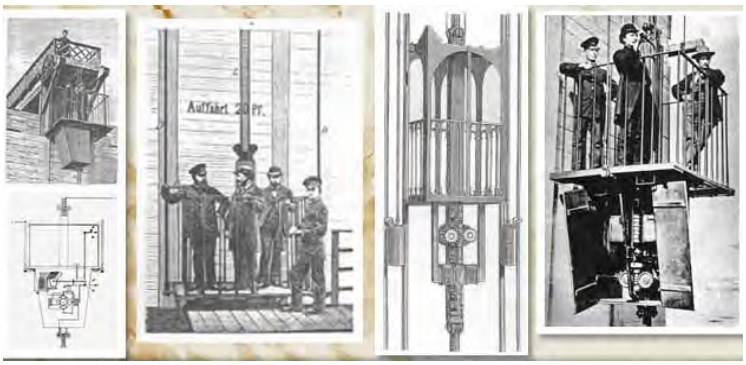


Fig I.17 Los hermanos SiemensFuente:[16] The elevator museum en la página web: https://theelevatormuseum.org/elec1.php

- En 1889 destaca el primer ascensor eléctrico que se coloca en los Estados Unidos Fig I.18.

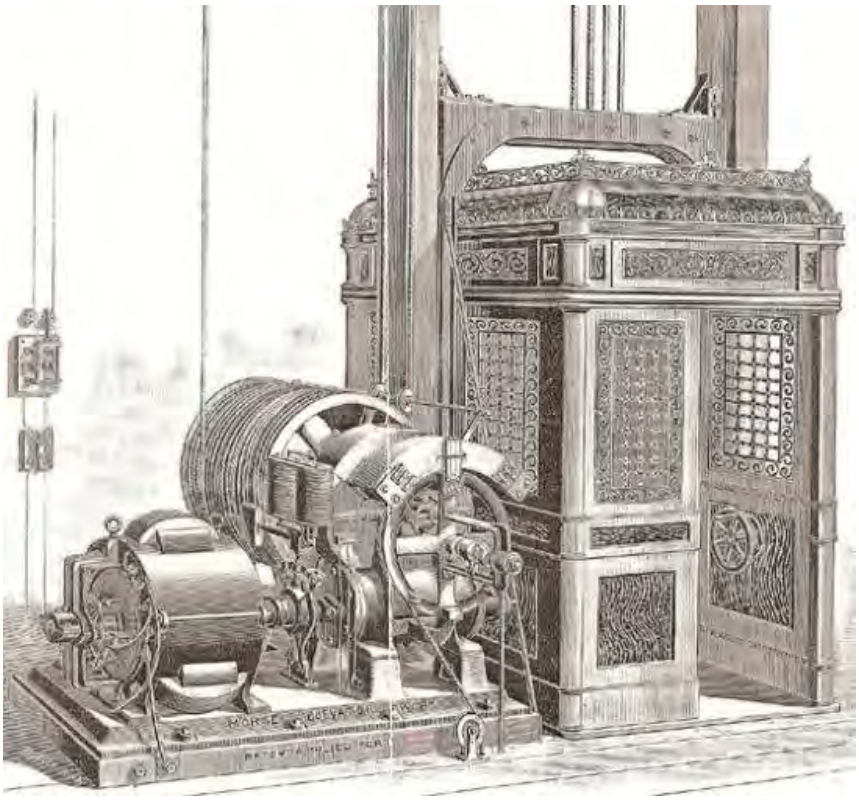


Fig I.18 Ascensor eléctrico de época Fuente: [17] Afinidad eléctrica pagina web: www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=125

- En 1903 aparece el ascensor eléctrico con polea de tracción. Este ascensor es prácticamente igual al que utilizamos en nuestros días Fig I.19.

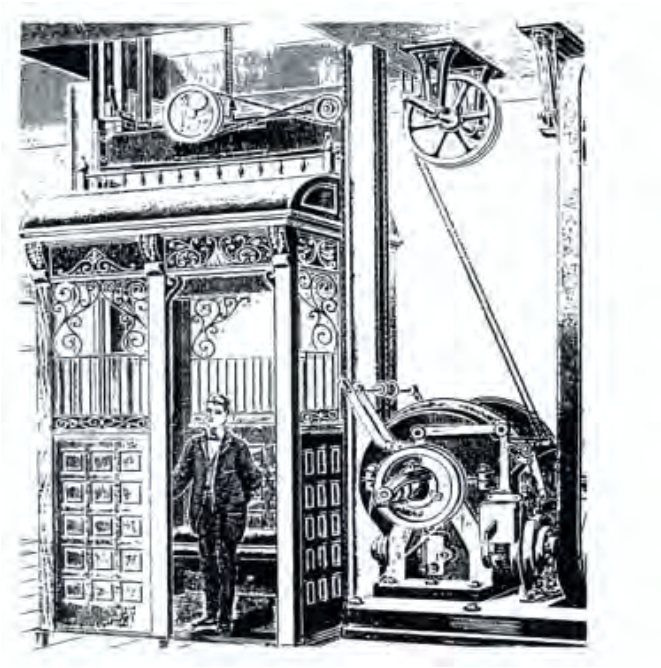


Fig I.19 Ascensor eléctrico con polea de tracción Fuente: Elevadores:[18] Principios e innovaciones, autor Antonio Miravete/Emilio Larrodé capítulo 2 pag 29

Estos son los inventos más significativos que cambiaron la morfología de nuestras ciudades, entre cientos de otras mejoras no tan relevantes pero que también han contribuido al avance de este dispositivo.

1.4 Estructura y contenido de la tesis

La tesis se divide en 7 capítulos. En este primer capítulo se introduce la temática con una historia de la evolución del ascensor desde sus orígenes.

En el resto de capítulos:

- En el capítulo 2 se hace una clasificación de los ascensores
- En el capítulo 3 se explican las partes de un ascensor
- En el capítulo 4 se explica la situación del parque de ascensores en España
- En el capítulo 5 se hace un estudio energético de los ascensores
- En el capítulo 6 se presentan las mejoras energéticas existentes en el mercado
- En el capítulo 7 se presenta una aportación original de un ascensor eléctrico energéticamente mejorado con sistema de contrapeso
- En el capítulo 8 se realiza un análisis del impacto ambiental de los ascensores (empleando la metodología del Análisis de Ciclo de Vida).
- En el capítulo 9 se resumen las aportaciones y se presentan las líneas futuras de investigación
- Finalmente se presentan la normativa, las referencias, y las fuentes de información

CAPÍTULO 2

2 Clasificación de los ascensores

Para poder clasificar adecuadamente los ascensores lo primero que hay que hacer es dar una definición clara de lo que es un ascensor. En internet o en publicaciones podremos encontrar definiciones de un ascensor o más bien de lo que entendemos que es un ascensor, pero la verdadera definición de un ascensor es la que proporciona la normativa vigente, es decir, lo encontramos en el Real Decreto 1314/1997 de 1 de agosto, que lo define en su artículo 2 como sigue:

- *"Ascensor" es todo aparato de elevación que sirva niveles definidos, con un habitáculo que se desplace a lo largo de guías rígidas y cuya inclinación sobre la horizontal sea superior a 15 grados, destinado al transporte:*

    De personas, de personas y objetos, solamente de objetos si el habitáculo es accesible, es decir, si una persona puede entrar en él sin dificultad, y si está provisto de órganos de accionamiento situados dentro del habitáculo o al alcance de una persona situada dentro del mismo. Los aparatos de elevación que se desplacen siguiendo un recorrido fijo, aunque no esté determinado por guías rígidas, serán considerados ascensores pertenecientes al ámbito de aplicación de este real decreto.

    Se entenderá por "habitáculo" la parte del ascensor en la que se sitúan las personas u objetos con objeto de ser elevados o descendidos.

De esta definición se pueden sacar varias conclusiones, la más clara el "habitáculo" es lo que nosotros conocemos como cabina. La otra conclusión es, que siempre que una persona pueda manipular la posición de la cabina desde dentro de ésta se entenderá que es un ascensor en vez de un montacargas lo cual le obligara a cumplir la normativa reglamentaria.

En la actualidad la definición de ascensor viene dada por Real Decreto 203/2016, de 20 de mayo, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de ascensores y componentes de seguridad para ascensores. Que en su artículo 2 dice:

A efectos del presente real decreto, se entenderá por:

a) «Ascensor»: aparato de elevación que sirva niveles específicos, con un habitáculo que se desplace siguiendo guías rígidas e inclinadas a un ángulo superior a quince grados sobre la horizontal o dispositivo de elevación que se desplace siguiendo un recorrido fijo, aunque no utilice para ello guías rígidas.

b) «Habitáculo»: parte del ascensor en la que se sitúan las personas u objetos para ser elevados o descendidos.

c) «Ascensor tipo»: ascensor representativo cuya documentación técnica muestra cómo se va a cumplir con los requisitos esenciales de salud y seguridad establecidos en el anexo I en los ascensores derivados del ascensor tipo en función de parámetros objetivos y en el que se utilizan idénticos componentes de seguridad para ascensores.

Tras la definición analizamos los elementos que componen un ascensor Fig II.1

Fig II.1 elementos de un ascensor Fuente:[19] Eca Instituto de Tecnología y Formación, S.A. Ascensores Electromecánicos I

No todos estos elementos se encuentran en todos los ascensores, como por ejemplo el cuarto de poleas, que se tiende a hacer desaparecer de los ascensores modernos, o el cuarto de

máquinas, pero sí podemos decir que todos estos elementos están presentes en toda tipología de ascensores.

En esta tesis se van a clasificar los ascensores en:

- Eléctricos
- Hidráulicos
- Otros tipos

2.1 Ascensores eléctricos

Este tipo de ascensores se caracterizara por tener un motor eléctrico como grupo motor, y por estar constituido en su forma clásica por un grupo motor eléctrico, freno, reductor, polea de adherencia o tambor de arrollamiento Fig II.2.

Tipos:

- De adherencia: se logra mediante la adherencia de los cables sobre la polea tractora.
- De tambor de arrollamiento: los cables se arrollan en un tambor de arrollamiento.

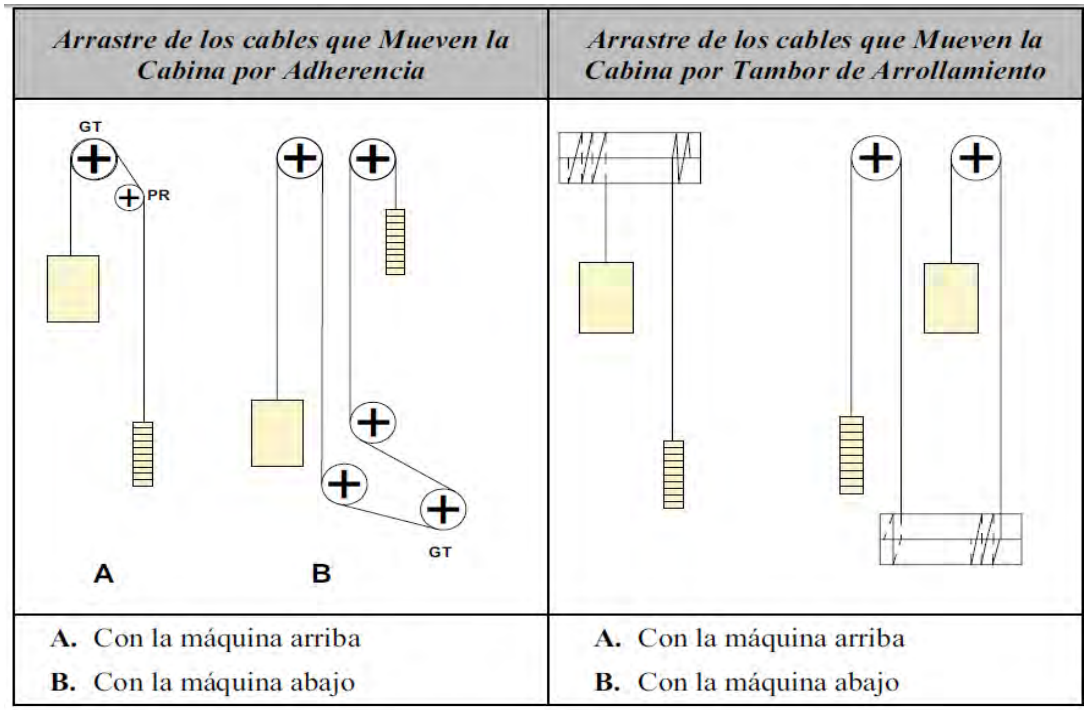


Fig II.2 Tipología de las poleas tractoras Fuente:[19] Eca Instituto de Tecnología y Formación, S.A. Ascensores Electromecánicos I

El sistema de arrollamiento se utiliza en aquellos ascensores donde la cabina ocupa todo el espacio del hueco y no hay posibilidad de poner contrapeso.

El sistema por adherencia presenta las siguientes ventajas:

- Es más económico (se necesita motor más pequeño)
- Permite su instalación prácticamente a cualquier altura, mientras que el de tambor, a partir de los 20 a 25 metros, se considera que sus dimensiones son demasiado grandes.
- Son más seguros órnate el problema de que fallen los finales de carrera, ya que los cables pueden deslizar sobre la polea.

En la actualidad los ascensores de arrollamiento han sido sustituidos por los de adherencia, empleando un sistema múltiple de poleas, como los ascensores de kone sin contrapeso el modelo KONE MaxiSpace™.

Las ventajas de los ascensores eléctricos son:

- Permiten velocidades y recorridos mayores que los hidráulicos.
- Permiten más amplia gama de pesos
- Es una solución más eficiente energéticemente, por los altos rendimientos de los motores.

2.2 Ascensor hidráulico

Este tipo de ascensor Fig II.3, precursor en el mundo de la elevación, se caracteriza por que su grupo tractor es hidráulico, y por estar compuesto de central hidráulica, cilindro, pistón, bloque de válvulas de control del sistema hidráulico y un sistema de tuberías por donde circula el fluido impulsor, normalmente aceite.

Tipología de ascensores hidráulicos:

- De Acción directa: la cabina es impulsada directamente por el pistón. Su mayor inconveniente es que no alcanza grandes recorridos.
- De acción indirecta: la cabina es impulsada por los cables de tracción que son movidos por la acción del pistón hidráulico. De esta forma la cabina adquiere mayor velocidad y altura de recorrido.

Las ventajas de los ascensores hidráulicos frente a los eléctricos son:

- La carga de elevación se transmite directamente al edificio
- El cuarto de maquinas se puede colocar prácticamente en cualquier sitio
- El aprovechamiento del hueco es prácticamente total, ya que no tiene contrapeso
- En cuanto a averías, el rescate es mas sencillo que en el eléctrico
- Son de arranques y paradas muy suaves
- Consiguen nivelaciones muy precisas

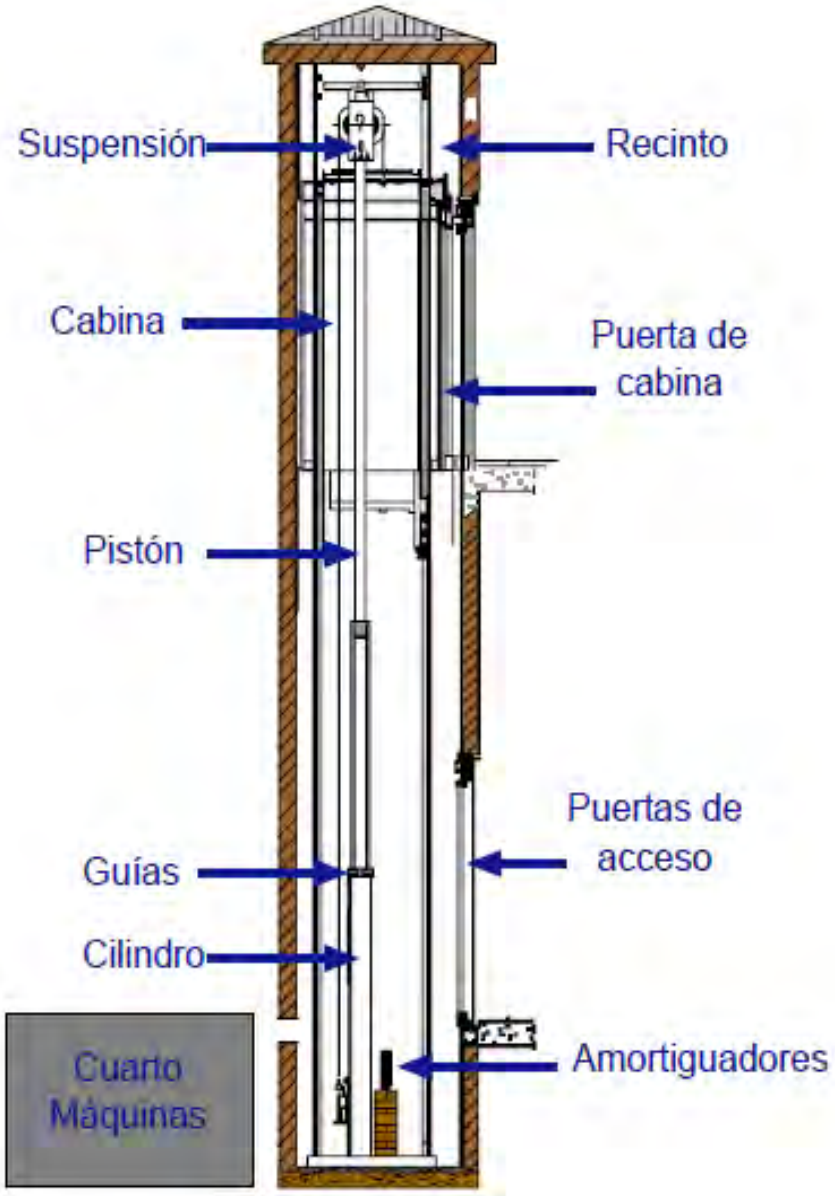


Fig II.3Tipología de un ascensor hidráulico Fuente:[20] Eca Instituto de Tecnología y Formación, S.A. Ascensores Oleodinámicos

2.3 Otras clasificaciones

Tras la clasificación de los ascensores en hidráulicos o eléctricos podemos seguir clasificando los ascensores de acuerdo a muchos otros criterios:

- Por su construcción: con cuarto de máquinas (MR) o sin cuarto de maquinas(MRL)
- Por su velocidad, se pueden clasificar en:
    - Velocidades bajas: en el entorno de 0,15-0,6 m/s)
    - Velocidades medias: en el entorno de (1-2,5 m/s)
    - Velocidades altas: en el entorno de (3-8 m/s)
- Por su recorrido:
    - Bajo: en el entorno de 3-15m
    - Medio: en el entorno de 20-80m
    - Alto: en el entorno de 90-200m
- Por su carga
    - Cargas bajas: en el entorno de 180-450kg
    - Cargas medias: en el entorno de 525-1250kg
    - Grandes cargas: en el entorno de 1275-4000kg
- Por el uso
    - Tráfico reducido: donde la densidad de población del edificio es pequeña y con un número de paradas no superior a 5.
    - Tráfico medio: edificios residenciales de 6 ó más paradas o edificios que tengan oficinas.
    - Tráfico alto: edificios destinados a oficinas, hoteles, hospitales, etc.
- Por el número de embarques.
    - Embarques simples (una puerta de entrada a la cabina)
    - Embarques dobles (dos puertas de entrada a la cabina)
- Especiales. Ascensores diseñados para un uso especial, como pueden ser para bomberos, porta-camillas etc

Se muestra una pequeña tabla de la tipología de los ascensores Tabla II.1.

Tabla II.1 Tipología de los ascensores Fuente: [21] Guía sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Ascensores de la Comunidad de Madrid, pagina web: www.madrid.org

	ACCIONAMIENTO	CONSTRUCCIÓN	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	USO
TIPOLOGÍA	ELÉCTRICOS	MRL	V: M/A R: B/M/A Q: B/M	Tráfico médio-alto • Residencial • Oficinas • Hospitales • Aeropuertos • Hoteles
		MR		
	HIDRÁULICOS	MRL	V: B R: B Q: B/M/A	Tráfico bajo • Residencial • Pequeña oficina • Colegio • Ambulatorio
		MR		Grandes cargas • Montacargas • Montacoches

LEYENDA:

	B	M	A
V: velocidad (m/s)	0,15-0,6	1-2,5	3-8
R: Recorrido (m)	3-15	20-80	90-200
Q: Carga (kg)	180-450	525-1250	1275-4000

CAPÍTULO 3

3 Elementos de un ascensor

En este capítulo se estudiarán las partes de un ascensor, incluyendo los residuos que genera a lo largo de su ciclo de vida.

Los ascensores se componen de las siguientes partes: grupo tractor, cables, cabina y contrapeso. Esto se podría decir que es el alma de un ascensor, pero en este apartado profundizaremos en cada una de esas partes.

3.1 Grupo tractor

El grupo tractor es el elemento que se encarga de mover la cabina, estando compuesto por el motor, la reductora, la polea y la bancada. Esto es para los ascensores eléctricos, ya que en los hidráulicos el grupo tractor es un grupo hidráulico.

La reductora está compuesta por un sinfín de acero NiCrMo cementado, templado y rectificado, que va engranado con una corona helicoidal de bronce centrifugado CuSn12Ni de gran resistencia a la rotura. Este conjunto sinfín-corona está montado en una carcasa o cárter de fundición a través de unos rodamientos y cojinetes de bronce CuSn10. Todo el conjunto funciona dentro de un baño de aceite.

En la actualidad los grupos tractores han quitado la reductora, ya que el eje del motor ataca directamente a la polea tractora, mejorando la eficiencia de éstos y la contaminación producida por sus componentes.

El peso de un motor actual es de unos 131 kg y el peso de la bancada es de unos 112 kg. El motor viejo pesaba unos 300kg y la bancada unos 200kg.

Como se puede apreciar, la diferencia de pesos es bastante considerable.

3.2 Cabina y contrapeso

La cabina es la parte del ascensor encargada de albergar a los pasajeros o las cargas.

La cabina la podemos descomponer en dos partes, una es el camarín y la otra es el chasis.

El camarín está formado por una caja que debe estar cerrada completamente, excepto por el embarque (o los embarques si hubiera más de uno). Este elemento se construirá con materiales metálicos u otros materiales mecánicamente resistentes y que puedan mantener sus propiedades bajo condiciones de fuego sin producir gases tóxicos.

Los camarines se pueden decorar interiormente con diferentes materiales tratados. Podemos encontrar desde formica hasta acero desnudo. El techo puede ser desde chapa pintada hasta

metacrilato. Los suelos desde goma moteada hasta granito. También en la cabina podemos encontrar espejos u otros materiales decorativos.

En el pasado los camarines solían ser de madera o aglomerado, en la actualidad pueden ser de madera, acero, o vidrio armado, como en los panorámicos.

En cuanto al chasis, es un elemento que también puede encontrarse en el contrapeso. Es un armazón metálico que da rigidez al camarín, uniéndolo a los cables de suspensión, y a su vez lleva unas deslizaderas que aseguran el contacto con las guías. Pero la función más importante es la de llevar el sistema de paracaídas.

El bastidor debe ser de la resistencia adecuada, y por ello se compone principalmente por perfiles de acero lo suficientemente resistentes para aguantar cargas de servicios normales, aparte de las operaciones de seguridad. No está permitida la utilización de hierro fundido para su construcción.

Las rozaderas de los chasis van equipadas con insertos para garantizar un efecto suave de deslizamiento por las guías sin ruido, desgaste o rotura. Las rozaderas o deslizaderas están hechas de poliuretano (PU), poliamida (PA) o politeno (PE).

Para sostener una idea del orden de los pesos, el chasis desnudo pesa unos 105 kg, el camarín de la cabina unos 240 kg, el operador de cabina unos 105 kg, y el resto de componentes de la cabina unos 150kg.

En cuanto al contrapeso vemos que tiene que compensar lo que pesa la cabina más la mitad de la carga máxima en cabina. El contrapeso está formado por un chasis y unas pesas de carga que pueden ser placas de hormigón de 25kg o placa metálicas de unos 15kg o mezcla de ambas.

En los ascensores viejos el peso de la cabina es unos 50 a 100kg más que los modernos.

3.3 Los cables de suspensión

Los camarines y contrapesos han de estar suspendidos por medio de cables de acero Fig III.1 cuya resistencia a la rotura esté comprendida entre 12.000 kg/cm2 y 18.000 kg/cm2. No están permitidos los cables empalmados por ningún sistema.

Los cables utilizados en los aparatos elevadores están formados por alambres de acero, pero en lugar de arrollarse todos entre sí, se enrollan en grupos, formando cordones, que, a su vez, se enrollan sobre un alma generalmente de fibra vegetal, impregnada de una grasa especial que asegura el engrase del cable durante mucho tiempo.

Las características que definen los cables de suspensión son:

- Material de los alambres

- El tipo de arrollamiento de los alambres
- La composición de los cordones
- El arrollamiento de los cordones sobre el alma

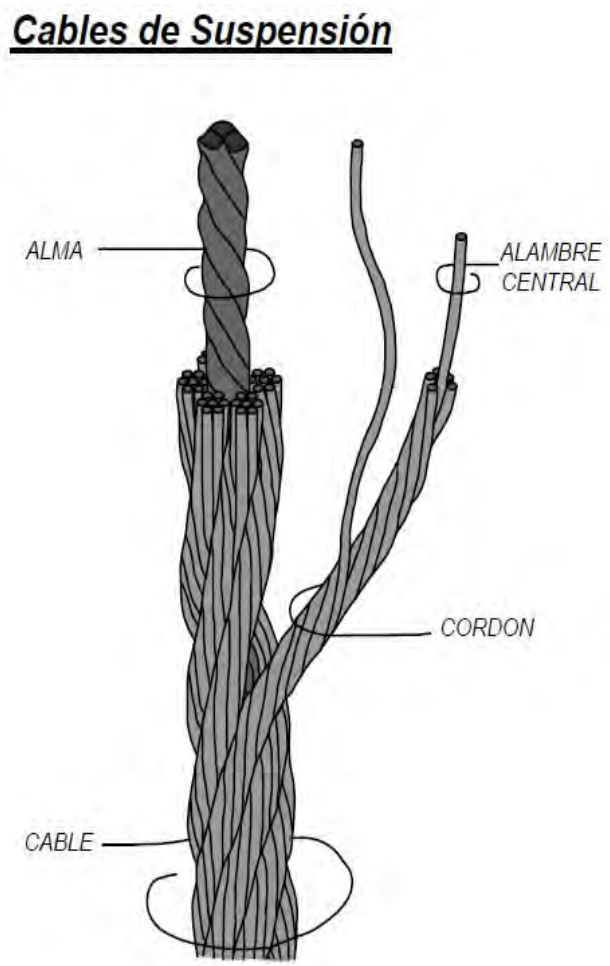


Fig III.1 Cable de acero Fuente: [22] Eca Instituto de Tecnología y Formación, S.A. Ascensores Electromecánicos II

En la actualidad las innovaciones en los cables de suspensión se centran en la búsqueda de combinaciones de materias primas destinadas a conseguir unas características óptimas ante la rotura y fatiga del cable. La multinacional Otis utiliza cintas planas Fig III.2 de tracción reforzadas de acero y forradas de poliuretano resistente, compuestas por un alma con 12 cables que llevan cada uno 7 cordones de 7 hilos de acero de gran resistencia. Sin embargo Schindler utiliza el primer cable sintético, mucho más ligero que los convencionales (aproximadamente una cuarta parte), formado por unos 300.000 filamentos sintéticos,

entrelazados entre fibras conductoras de carbono que permiten registrar y controlar el estado del cable.

Fig III.2 Cinta de tracción Otis Fuente: [23] Otis página web: http://www.otis.com/site/ar/pages/Gen2Elevator.aspx

En cuanto al peso de los cables de suspensión de acero que usan la mayoría de los ascensores ronda los 0.23kg/m siendo la longitud de cable de unos 50 m y utilizándose cuatro de ellos por ascensor. Si añadimos los anclajes necesarios para la unión de éstos con la cabina y el contrapeso nos da un peso de unos 84 kg por ascensor.

3.4 Otros elementos importantes

3.4.1 Cuadro de maniobras

Nos referimos al cuadro de maniobras como al cerebro del ascensor; es el encargado de gestionar cosas tan diversas como las llamadas o las arrancadas del ascensor.

En los sistemas antiguos estos cuadros estaban dominados por elementos electromecánicos como relés y contactores Fig III.3; en la actualidad todo esto ha cambiado y ahora lo dominan las placas electrónicas con sus diversos componentes.

Las maniobras actualmente vienen a pesar unos 79 kg, mientras que las antiguas maniobras podían llegar a pesar unos 100 kg.

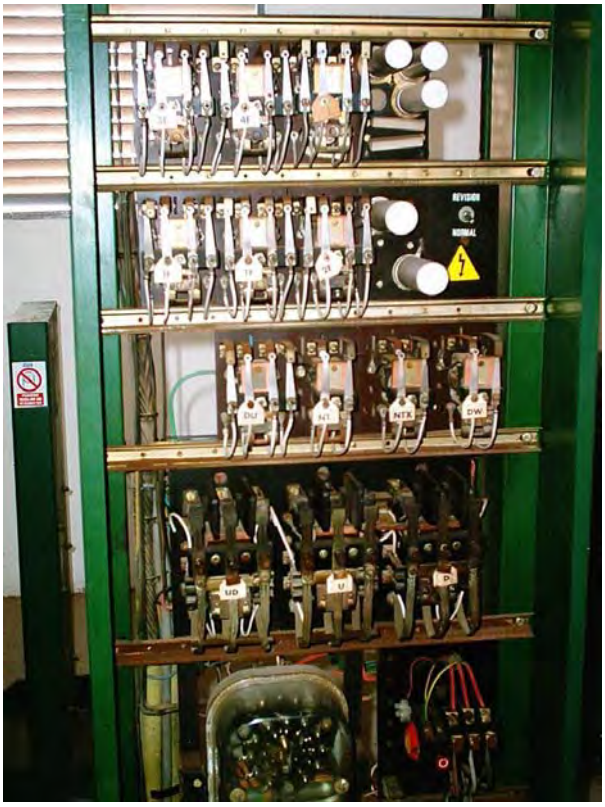


Fig III.2 Cuadro de maniobra antiguo Fuente:[24]rescateascensores.es en la página web: https://www.google.es/search?q=diario+de+un+ascensorista+cuadros&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjDlvT-zKPTAhVMtBQKHQ4gCdoQ_AUIBigB&biw=1366&bih=643#tbm=isch&q=+ascensorista+cuadros&imgdii=Ao-EjVBXgjVVYM:&imgrc=nmr0LrAm7z40XM:&spf=414

3.4.2 Guías

Las guías tienen como misión guiar a la cabina y al contrapeso por el recorrido que hace el ascensor por el hueco. Pero también tiene como misión el aguantar la frenada del paracaídas si ésta se produjera.

Por tanto las guías tienen que tener la resistencia necesaria para no romperse ni deformarse en exceso en caso del frenado del paracaídas, así como el posible empuje de las cargas generado por las excentricidades. Por tanto las guías se tienen que diseñar para el peso de carga del ascensor.

En la actualidad se tienden a hacer guías mas ligeras y resistentes. Una guía típica pesa alrededor de 30 kg para una altura de 5m. Las viejas guías podían llegar a pesar unos 14 kg más por guía.

3.4.3 Cables de maniobra

Éstos son los cables eléctricos encargados de transmitir la fuerza y las ordenes.

En cuanto al peso de éstos en un ascensor viene a rondar los 100kg, contando todos los cables para una instalación.

3.4.4 Puertas

Tienen como misión el evitar el atrapamiento que se pudiera crear entre el ascensor y el hueco (puerta en cabina) y las puertas exteriores tienen como misión el evitar la caída al hueco.

En la actualidad el peso de estas puertas ronda los 130 kg, dependiendo del tipo de puerta.

3.4.5 Aceites

Entramos en una de las partes más contaminante que tiene un ascensor. Puede encontrarse aceite en:

- Reductoras (ascensores antiguos)
- Sistemas hidráulicos
- Lubricante de guías
- Lubricante de cables de suspensión

El aceite en las reductoras tiene que cumplir unas especificaciones determinadas y tiene que tener un gran poder antioxidante, anticorrosivo, antiespumante y soportar grandes presiones. Estos aceites lubrican la reductora por barboteo en todos los elementos de fricción. Estos aceites se pueden recuperar mediante un refinamiento para su reutilización; no se deben incinerar, por su contenido en plomo y bronce. Estas reductoras tienen una capacidad, dependiendo de la máquina, de unos dos litros y medio, debiéndose cambiar cada 1000 h de funcionamiento.

El aceite utilizado para los grupos hidráulicos de los ascensores es un aceite especial diseñado para trabajos de altas presiones. Son aceites minerales altamente refinados, los cuales llevan aditivos para evitar la oxidación y la formación de barros. Son aceites que se pueden regenerar y volver a reutilizar. Un ascensor hidráulico viene a utilizar entre 100 y 500 litros de aceite.

El aceite utilizado para el engrase de las guías es un aceite que tiene propiedades adhesivas para mantener la película de deslizamiento. Tienen aditivos que les confieren propiedades antioxidantes con resistencia al envejecimiento, anticorrosivas y una alta viscosidad. Se puede decir que es un aceite negro que se puede reutilizar tras refinamiento. Estos aceites se suministran a las guías mediante aceiteras de diseño especial que evitan el derrame. Estas aceiteras tienen la capacidad de 1 litro.

Los cables de acero se impregnan de un aceite neutro, para que cuando se produzca el tensado del cable los cordones e hilos que lo forman no rocen entre si y se partan por la fricción. Este aceite tiene las siguientes características: no debe contener betún ni

hidrocarbono, tiene que tener una buena capacidad de penetración, teniendo que ser lo bastante consistente para que no escurra, y también deberá ser antideslizante para que no haga deslizar al cable sobre la garganta de la polea.

Una vez desaparecida la lubricación de fábrica se deberá engrasar periódicamente en función del uso del ascensor y las características de instalación.

Como conclusión de puede decir que un ascensor cuya vida útil sea de 20 años consume, si es ascensor eléctrico:

- Lubricantes de engranaje 25 l
- Lubricante de guías 24 l (se incluyen las guías del contrapeso)
- Lubricantes de los cables de suspensión 1 l

Por otro lado el consumo de un ascensor hidráulico es:

- Grupo hidráulico 500 l
- Guías 12 l (sólo de cabina)

Las nuevas tecnologías hacen que los nuevos ascensores eléctricos puedan suprimir la lubricación en engranajes y la de los cables, dependiendo el tipo de cable que se utilice.

También existen ascensores hidráulicos con agua eliminando el aceite del grupo hidráulico.

3.4.6 Baterías y pilas

Otros de los residuos que nos encontramos son las pilas y las baterías. Éstas son utilizadas para los equipos de emergencia del ascensor. Su vida es de alrededor de tres años.

3.4.7 Bombillería

Otro factor de contaminación de los ascensores es la iluminación. Este factor depende mucho del tipo de iluminación que lleve la cabina.

A continuación se detalla en la Tabla III.1 los diferentes tipos de bombillería y horas aproximadas de vida útil.

Tabla III.1 Horas aproximadas de vida útil Fuente:[25]Catálogo de Philips, catálogo de Osram 2010/2011 y catálogo de Sylvania.

Tipo	Horas
Incandescentes	2000h
Incandescentes halógenas	2000h
Incandescentes dicroicas 12v	2500h
Incandescentes dicroicas 220v	3000h
Dicroicas de led	35000h
Fluorescencia compacta	14000h
Equivalente bajo consumo led Downligh	30000h
Fluorescencia	15000h
Fluorescencia t5	19000h
Tubo led	30000h

Tomando como referencia que un ascensor tiene una vida de unos 20 años y teniendo en cuenta que lo más estandarizado son los tubos fluorescentes con luminarias de 2x18w, se necesitaran unos 70 tubos fluorescentes a lo largo de la vida de un ascensor.

A continuación una pequeña grafica de los residuos generados por un ascensor Fig III.3.

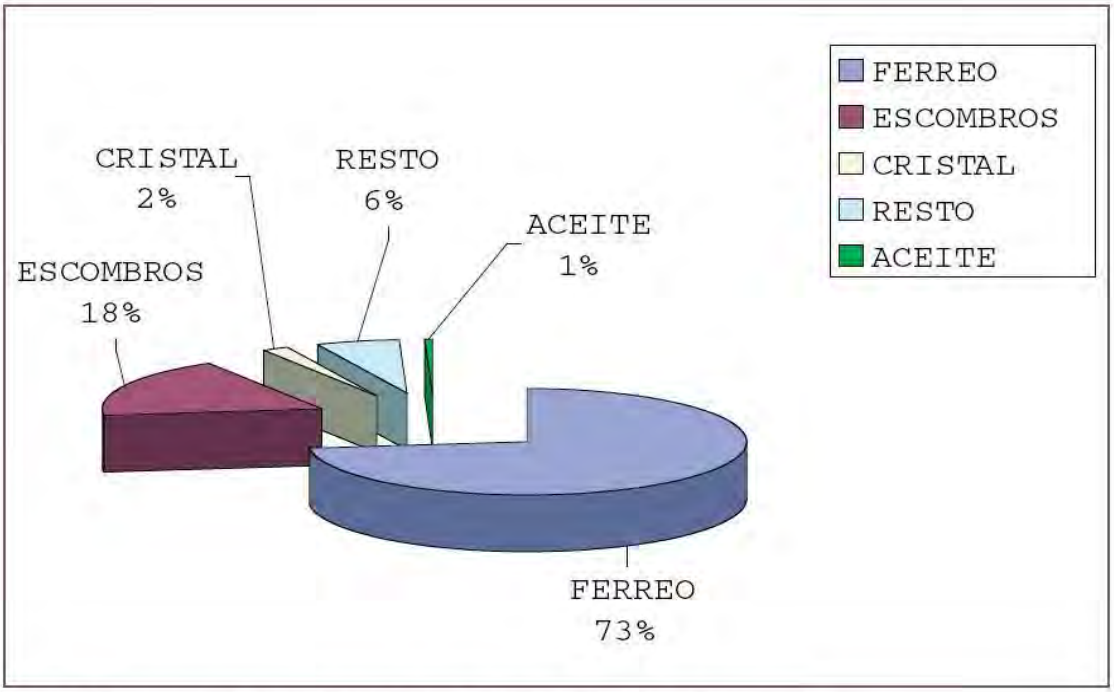


Fig III.3 Residuos de un ascensorFuente:[26] Técnica Industrial página web: http://www.tecnicaindustrial.es/tifrontal/a-1969-La-proteccion-medioambiental-sector-ascensorista.aspx

CAPÍTULO 4

4 Situación del parque de ascensores en España

En la actualidad hay más de un millón de aparatos elevadores funcionando en España y casi la mitad de ellos están anticuadosFuente:[27] El Mundo datos del FEEDA Federación Empresarial Española de Ascensores publicado en la pagina web:
http://www.elmundo.es/economia/2016/04/19/570fe21746163f45088b4572.html

o en http://www.feeda.es/noticia.php?id=0000078.

Debido a los modelos de ciudad en nuestro país y la tipología de las viviendas que se desarrollan en España, se han hecho indispensables para los ciudadanos Fig IV.1, permitiendo florecer un negocio con cerca de 20.000 empleos directos con un volumen de negocio de unos 2.200 millones de euros.

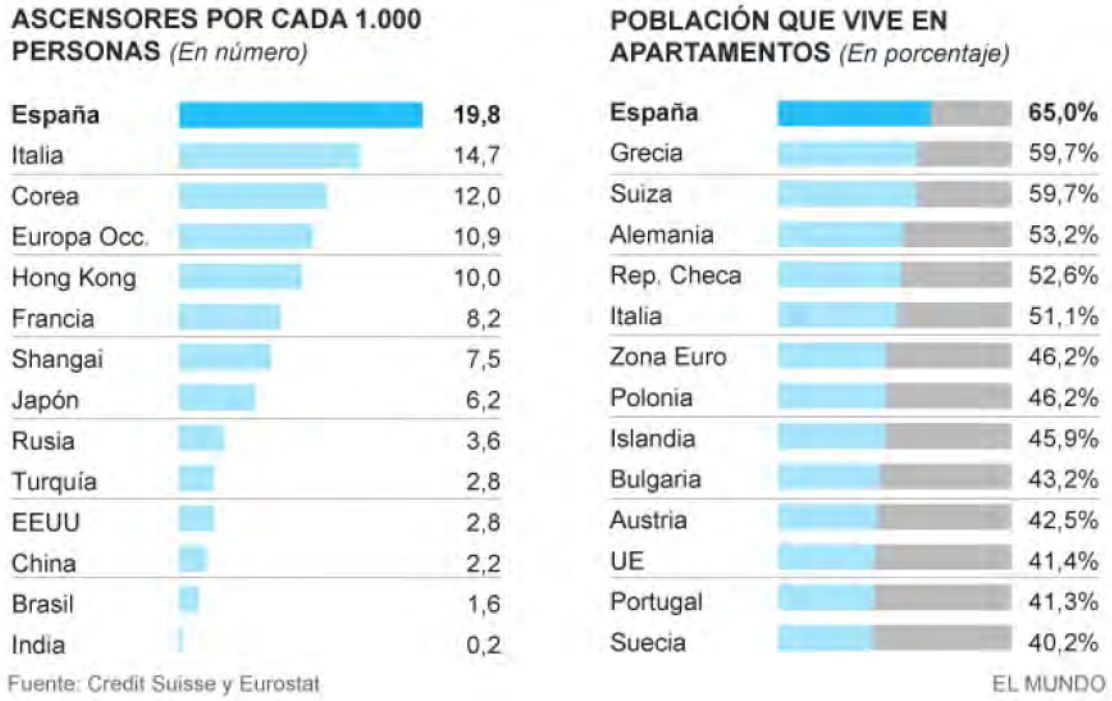


Fig IV.1 Ascensores por habitante Fuente:[27]

Esos datos llevan a que seamos uno de los países con mas ascensores por prsona (probablemente el que más) y uno de los que mas tiene en el mundo, pero también hay que reconocer que nuestro parque de ascensores es muy antiguo, con prácticamente medio millón pasando la veintena de años.[27]

La antigüedad de estos ascensores conlleva dos aspectos negativos, uno, el económico (mayores consumos), y el otro el de seguridad (mayor frecuencia de accidentes).

Se sabe que alrededor del 40% de los accidentes se producen por falta de precisión en las paradas [27], es decir las cabinas no se detienen con exactitud a nivel del piso. Esto generalmente es debido al deslizamiento en los cables sobre la polea tractora, que es más acuciado en los ascensores de una única velocidad, donde la precisión de frenado con determinadas cargas es prácticamente nula Fig IV.2.

En la actualidad se están haciendo mejoras en algunos de estos ascensores, ya que estas mejoras son más baratas que un ascensor nuevo, pero no dejará de ser un ascensor viejo.

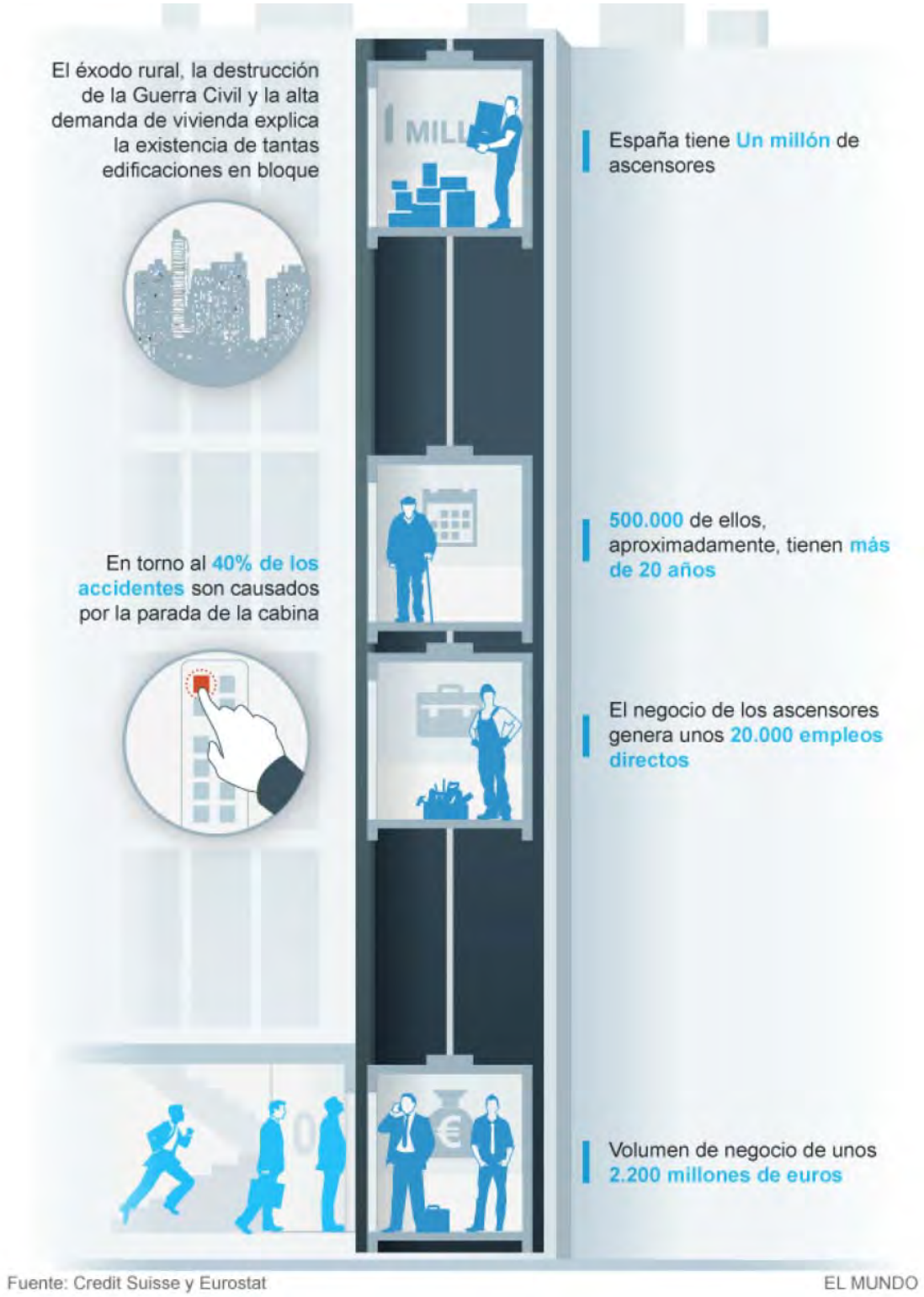


Fig IV.2 Evolución del modelo de negocio del ascensor Fuente: [27]

La disminución de obra nueva ha llevado a que el mercado del ascensor se mueva en la postventa, en facilitar la modernización de las instalaciones vigentes y en la rehabilitación de edificios existentes.

CAPÍTULO 5

5 Estudio energético de ascensores residenciales

El estudio energético de un ascensor es una labor compleja debido al número de factores que influyen en su consumo, como por ejemplo el número de paradas, la su tipología, la población del edificio donde se ha instalado, etc.

Veamos las curvas características de los ascensores en función si son eléctricos o hidráulicos Fig V.1.

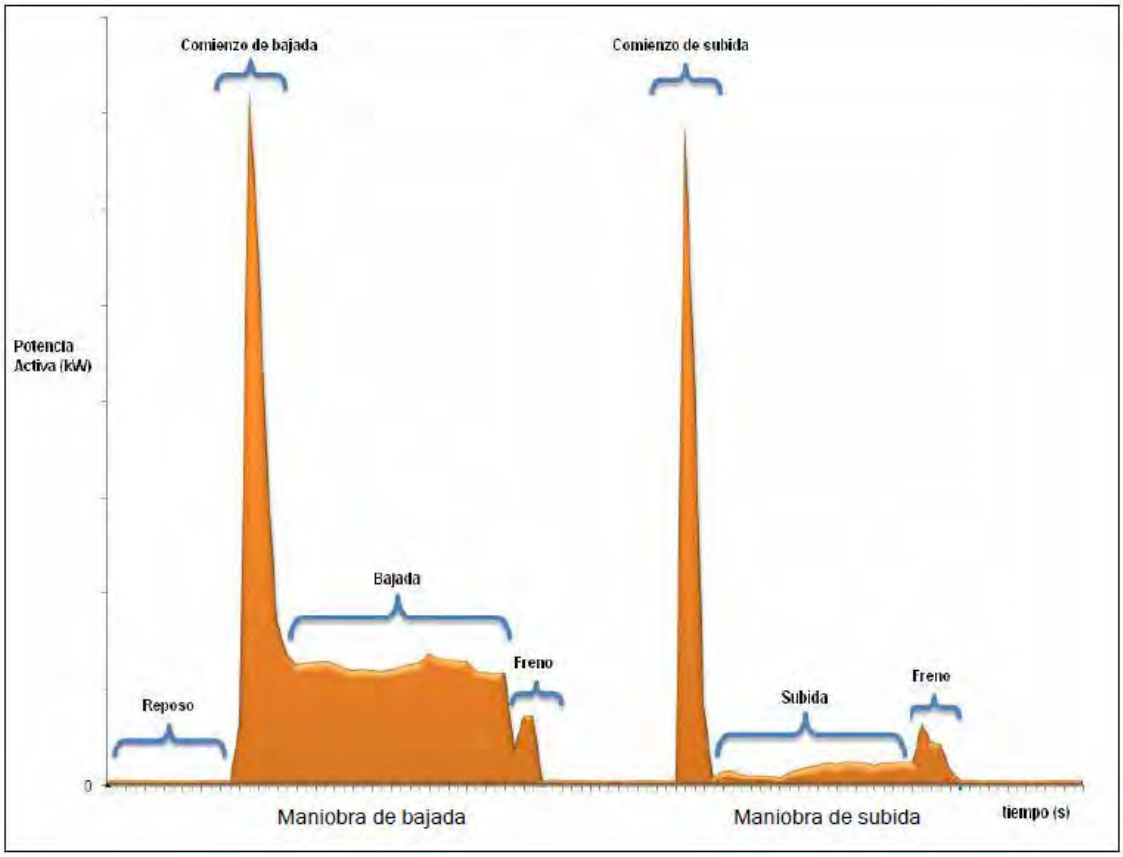


Fig V.1Ciclo de un ascensor eléctrico fuente:[28]Ente Regional de la Energía de Castilla y León(EREN), Manual de eficiencia energética en aparatos de elevación, pagina web: www.eren.jcyl.es

Como se puede observar en la figuraFig V.1, en los momentos de arrancada, tanto en subida como en bajada, se produce el mayor pico de potencia, siendo más o menos constante la potencia durante el ciclo de subida o bajada debido a que la cabina alcanza la velocidad nominal durante ese tramo. Las fluctuaciones en esta zona del recorrido son debidas al rozamiento con las guías, a la presión del aire con la cabina y a la compensación de los cables.

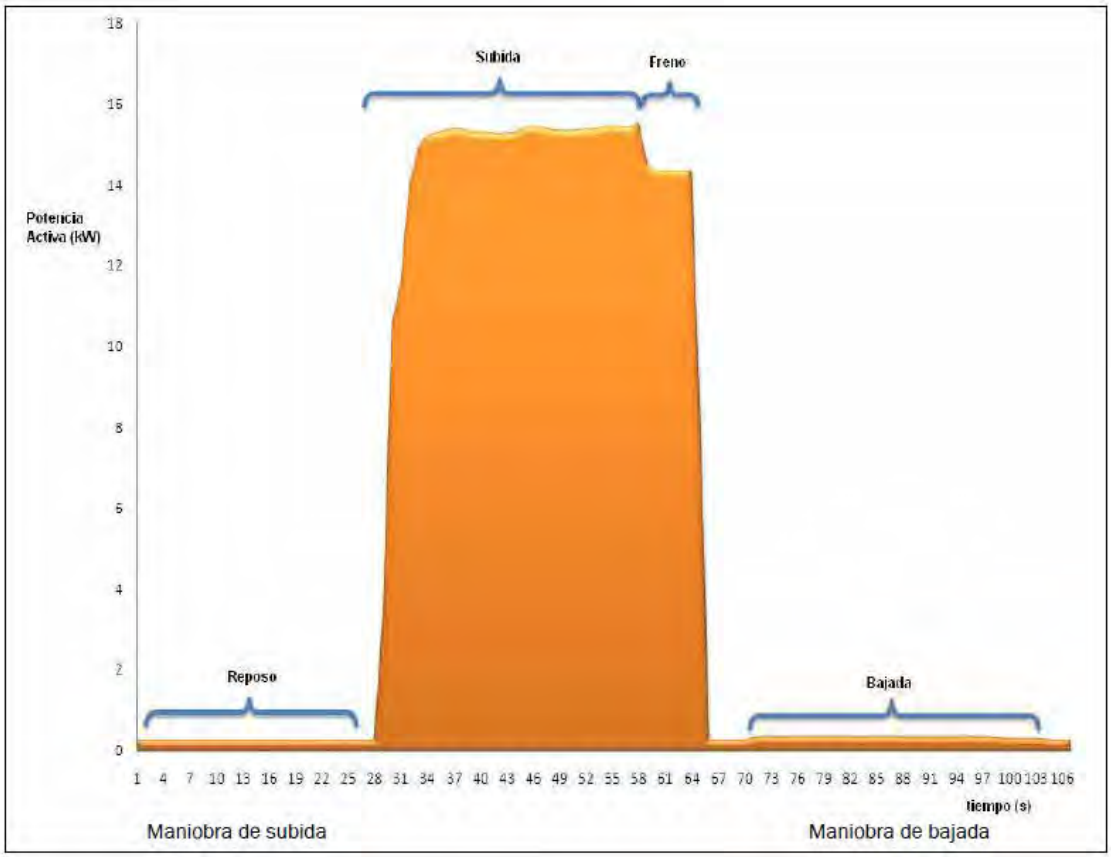


Fig V.2 Ciclo de un ascensor hidráulico Fuente: [28]

Como se puede observar de la figura Fig V.2 se ve que el pico de arrancada se mantiene constante durante todo el recorrido debido a que al no existir contrapeso el grupo hidráulico tiene que aportar la energía necesaria para vencer el peso de la cabina, y de la carga si la hubiera. Por el contrario se ve que en el momento de la bajada el consumo es mínimo ya que la bajada de la cabina se regula con la válvula de paso dejando pasar el fluido hidráulico a una velocidad determinada.

Como se puede observar de las gráficas, el consumo de los ascensores hidráulicos ee mayor debido a la falta de contrapeso de éstos, lo cual hace que energéticamente sean menos eficientes.

Como hemos comentado, no todos los ascensores son iguales y para poder compararlos debemos conocer el consumo energético en viaje. Este parámetro nos ayuda a conocer el consumo por metro de desplazamiento y kilogramo de carga.

$$E_{ESPECIFICA} = E_{MOV} + \frac{P_{REP} \times T_{REP} \times 1000}{Q_{NOM} \times T_{MOV} \times V}$$

$$E_{MOV} = \frac{E \times 10^8}{Q_{NOM} \times N_{MAN} \times R}$$

$E_{ESPECIFICA}$: Energía especifica en mW·h/(kg.m)

E_{MOV}: Energía consumida en movimiento en mW·h/(kg.m)

P_{REP}: potencia media del ascensor en reposo en W

T_{REP}: tiempo en el que el ascensor está parado en h

T_{MOV}: tiempo en el que el ascensor está en movimiento en h

Q_{NOM}: carga nominal del ascensor en kg

V: velocidad nominal del ascensor en m/h

R: recorrido del ascensor en m

N_{MAN}: número de maniobras

En la Tabla V.1 siguiente se ponen unos datos tomados de unos 37 ascensores de diferentes características.

Tabla V.1 Tabla de datos Fuente:[28]

		caracteristicas nominales				registros de analizador de redes							energia especifica del ascensor (mWh/Kg·m)		
							Movimiento			Reposo					
Aparato	sector	Tipo	Recorrido (m)	Carga nominal (Kg)	Velocidad nominal (m/s)	Nº de maniobras	consumo de energia (kWh)	Consumo de energia por maniobra (Wh/maniobra)	Tiempo (h)	Consumo de energia (kWh)	Tiempo (h)	Potencia media (W)	En movimiento	En reposo	TOTAL
AE01	Residencial	Con Reductora	28,50	450	1	698	7,9	11,32	8,36	11,14	55,98	199	0,882	0,823	1,705
AE02	Residencial	Con Reductora	28,50	450	1	568	10,25	18,05	7,16	9,42	40,63	231,85	1,407	0,812	2,219
AE03	Residencial	Con Reductora	21,00	320	1	693	7,62	11	2,21	2,64	36,33	72,67	1,636	1,037	2,673
AE04	Residencial	Con Reductora	21,00	320	1	1.034	9,06	8,76	2,75	2,83	36,56	77,41	1,304	0,893	2,197
AE05	Residencial	Con Reductora	39,00	320	1	843	8,97	10,64	2,8	1,14	20,56	55,45	0,853	0,353	1,206
AE06	Residencial	Con Reductora	36,00	320	1	563	5,4	9,59	3,04	12,04	43,89	274,32	0,833	3,438	4,271
AE07	Residencial	Con Reductora	27,00	450	1	1.057	11,33	10,72	3,08	3,32	44	75,45	0,882	0,665	1,547
AE08	Residencial	Con Reductora	27,00	450	1	743	5,68	7,64	2,17	4,99	44,76	111,48	0,629	1,419	2,048
AE09	Residencial	Con Reductora	27,00	450	1	433	5,08	11,73	1,3	1,73	23,05	75,05	0,966	0,821	1,787
AE10	Residencial	Con Reductora	33,00	320	0,8	716	6,32	8,83	2,5	1,5	19,23	78	0,836	0,651	1,487
AE11	Hospitalario	Con Reductora	15,00	975	1	1.260	19,51	15,48	5,15	10,14	20,85	486,33	1,059	0,561	1,62
AE12	Hospitalario	Con Reductora	39,00	1.800	1,6	2.449	61,04	24,92	9,99	10,3	15,07	683,48	0,355	0,099	0,454
AE13	Hospitalario	Con Reductora	21,00	1.125	1	1.945	63,34	32,57	6,82	9,29	19,2	483,85	1,378	0,336	1,714
AE14	Hospitalario	Con Reductora	39,00	1.800	1,52	2.475	55,41	22,39	11,52	42,05	35,4	1187,85	0,319	0,371	0,69
AE15	Administración	Con Reductora	18,00	800	1,2	1.248	29,44	23,59	6,12	13,17	19,9	661,81	1,638	0,623	2,261
AE16	Administración	Con Reductora	27,00	750	1	1.078	19,29	17,89	3,26	7,71	23,43	329,07	0,884	0,876	1,76
AE17	Administración	Con Reductora	18,00	630	1	680	8,55	12,57	1,96	2,05	26,65	76,92	1,109	0,461	1,57
AE18	Administración	Con Reductora	20,31	300	1	719	5,49	7,64	2,65	1,68	24,04	69,88	1,253	0,587	1,84
AE19	Comercio	Sin Reductora	4,20	1.600	1	63	0,75	11,9	0,14	2,14	21,39	100,05	1,772	2,654	4,426
AE20	Comercio	Sin Reductora	12,90	1.000	1	252	1,9	7,54	0,5	2,29	22,64	101,15	0,584	1,272	1,856
AE21	Comercio	Sin Reductora	12,90	1.000	1	496	4,31	8,69	1,67	1,97	21,61	91,16	0,674	0,328	1,002
AE22	Comercio	Sin Reductora	5,20	2.000	0,5	22	0,19	8,64	0,08	4,78	21,65	220,79	0,83	16,597	17,427
AE23	Comercio	Sin Reductora	5,20	2.000	0,5	31	0,32	10,32	0,08	4,97	22,6	219,91	0,993	17,257	18,25
AE24	R. Ancianos	Con Reductora	9,00	1.000	1	693	5,68	8,2	2,18	6,41	27,67	231,66	0,911	0,817	1,728
AE25	R. Ancianos	Con Reductora	9,00	450	1	841	10,05	11,95	2,54	6,21	26,95	230,43	2,951	1,509	4,46
AE26	Hotelero	Con Reductora	9,00	630	1	646	3,11	4,81	1,42	5,79	44,45	130,26	0,849	1,798	2,647
AE27	Hotelero	Con Reductora	12,00	1.000	1	494	10,78	21,82	2,92	6,31	42,92	147,02	1,818	0,6	2,418
AE28	Hotelero	Con Reductora	33,00	450	1	2.203	19,85	9,01	6,34	8,57	41,73	205,37	0,607	0,834	1,441
AE29	Hotelero	Con Reductora	24,00	450	1	1.843	19,38	10,52	6,24	6,36	40,69	156,3	0,974	0,629	1,603
AE30	Hotelero	Con Reductora	36,00	450	1	873	8,31	9,52	3,51	3,25	44,56	72,94	0,588	0,572	1,16
AE31	Hotelero	Con Reductora	24,00	320	0,63	575	4,02	6,99	1,65	3,39	45,28	74,87	0,91	2,831	3,741
AH01	Hospitalario	Hidraúlico	15,00	450	0,63	152	14,71	96,78	1,14	4,3	45,78	93,93	14,337	3,696	18,033
AH02	Hospitalario	Hidraúlico	15,00	1.000	0,63	153	19,02	124,31	0,82	12,81	59,28	213,09	8,288	6,888	15,176
AH03	Administración	Hidraúlico	6,00	1.000	0,63	350	29,67	84,77	1,87	0,4	46,2	8,66	14,129	0,094	14,223
AH04	R. Ancianos	Hidraúlico	21,00	1.600	0,63	380	35,97	94,66	1,64	2,95	20,47	144,11	2,817	0,496	3,313
AH05	R. Ancianos	Hidraúlico	21,00	1.600	0,63	725	42,27	58,3	2,44	2,89	19,93	145,01	1,735	0,326	2,061
AH06	R. Ancianos	Hidraúlico	21,00	630	0,63	440	32,14	73,05	2,29	3,17	19,79	160,18	5,521	0,969	6,49
TOTAL	-	-	780,71	30.660	-	30.434	602,11	-	122,31	236,1	1.185,12	-	79,511	74,993	154,504
MEDIA	-	-	21,10	829	0,93	-	-	25,06	-	-	-	215,59	2,149	2,027	4,176

En la Tabla V.2 se exponen los datos de una serie de ascensores instalados para uso residencial.

Tabla V.2 Energía específica y tiempo de uso Fuente:[28]

APARATO	ENRGIA ESPECIFICA EN MOVIMIENTO mWh/Kg m	ENRGIA ESPECIFICA DE REPOSO mWh/Kg m	TIEMPO DE USO DIARIO
AE01	0,882	0,823	3,12
AE02	1,407	0,812	3,6
AE03	1,636	1,037	1,38
AE04	1,304	0,893	1,68
AE05	0,853	0,353	2,88
AE06	0,833	3,438	1,55
AE07	0,882	0,665	1,57
AE08	0,629	1,419	1,11
AE09	0,966	0,821	1,28
AE10	0,836	0,651	2,76

De esta tabla podemos sacar la siguiente gráfica Fig V.3.

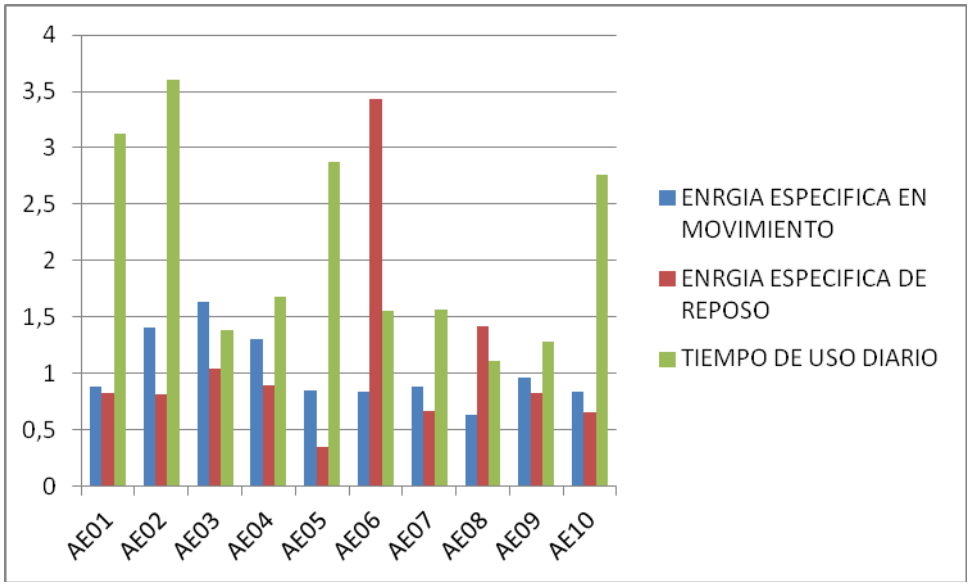


Fig V.3 Comparativa entre tiempo de uso y energía especifica. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Si observamos los gráficos podemos ver la energía específica tan elevada en reposo veámoslo en tanto por ciento en la Tabla V.3.

Tabla V.3 Porcentaje de energía en reposo. Elaboración propia apartir de la referencia [28]

APARATO	% ENERGIA REPOSO
AE01	48,26979472
AE02	36,59305994
AE03	38,79536102
AE04	40,64633591
AE05	29,27031509
AE06	80,49637087
AE07	42,98642534
AE08	69,28710938
AE09	45,9429211
AE10	43,77942165

Como podemos observar la energía en reposo de algunos ascensores como AE06 y el AE08 son más elevadas que la energía en movimiento. Analicemos estos ascensores por separado.

Empezaremos con el ascensor AE06 Tabla V.4.

Tabla V.4 Ficha resumen de instalación AE06 Fuente:[28]

AE 06

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 06)		
N° de viviendas		145 (48 por escalera)
N° de ascensores en la misma ubicación		6 (2 por escalera)
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		OTIS
N° de paradas		13
Carga nominal (kg)		320
Recorrido nominal (m)		36
Masa de la cabina vacía (kg)		275
Masa del contrapeso (kg)		412
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 0,9024 m^2 N° lámparas ..... 2 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 60 W
Máquina de impulsión	Marca	OTIS
	Modelo	140VAT
	Pot. Abs	5 kW
	cos φ	
	Velocidad (m/s)	1
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	OVF10 SAC 5 KW

Si analizamos superficialmente las características del ascensor podemos observar la causa de ese consumo tan elevado cuando el ascensor está parado. Se puede ver que el ascensor tiene

dos lámparas fluorescentes de 60w con un consumo continuo de 24h, siendo un consumo muy elevado respecto a los ascensores que llevan una iluminación de 2x18w.

De este ascensor podemos sacar como conclusión la necesidad de reducir el consumo de iluminación debido al gasto energético que genera. Profundicemos con datos Tabla V.5.

Tabla V.5 Parámetros analizados ascensor AE06 Fuente:[28]

Resumen de parámetros analizados	
Consumo de energía activa circuito de fuerza (kWh)	11,80
Demanda máxima de potencia (W)	8.400
Horas totales de funcionamiento (h)	46,93
Potencia media total circuito fuerza (W)	251
Potencia media total circuito iluminación (W)	120
Consumo de energía activa circuito iluminación (kWh)	5,63
Consumo total de energía activa (kWh)	17,43
Horas en movimiento (h)	3,04
Potencia media en movimiento circuito de fuerza (W)	1656,20
Potencia media en movimiento circuito de iluminación (W)	120,00
Consumo de energía en movimiento circuito de fuerza (kWh)	5,03
Consumo de energía en movimiento circuito de iluminación (kWh)	0,36
Consumo total de energía en movimiento (kWh)	5,40
Horas en reposo (h)	43,89
Potencia media en reposo del circuito de fuerza (W)	154,22
Potencia media en reposo del circuito de iluminación (W)	120,00
Consumo de energía en reposo circuito de fuerza (kWh)	6,77
Consumo de energía en reposo circuito de iluminación (kWh)	5,27
Consumo total de energía en reposo (kWh)	12,04
Consumo total de energía (kWh)	[illegible]
Nº de maniobras	553
Consumo total de energía por maniobra (Wh)	26,69

Si a esta cabina la rediseñásemos o la remodelásemos usando unas luminarias más eficientes y sistema de iluminación más eficiente tendríamos menos consumo.

Rediseño de la instalación:

Suponemos que el ascensor tiene dos luminarias fluorescentes de 60W, o, lo que es más habitual, 4 tubos de 30W fluorescentes. Estos tubos los sustituimos por dos tubos de led de 8W, lo que produce un ahorro de potencia de un 86%, dándonos la luminosidad requerida por reglamento. Si estos tubos los dejásemos activos permanentemente como los otros tubos fluorescentes, el ahorro sería del 86%, pero además si a esta cabina le pusiéramos control de iluminación cuando ésta se pone en uso, estaríamos logrando un ahorro del 99% en el consumo de la iluminación.

Veamos los resultados con esos dos cambios Fig V.4.

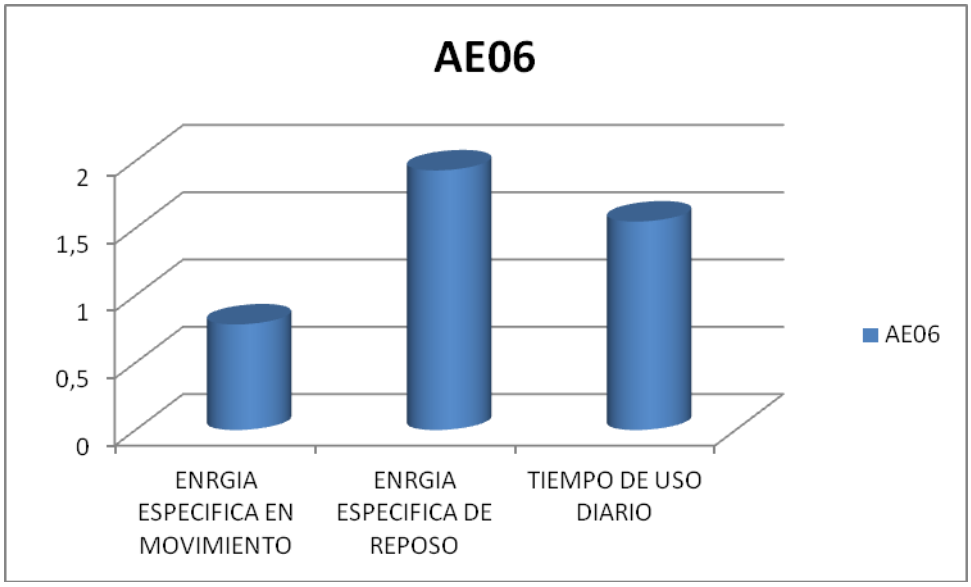


Fig V.4 Comparativa energías específicas. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Como se puede apreciar la energía específica en reposo sigue siendo mayor que la energía especifica en movimiento Tabla V.6.

Tabla V.6 Porcentaje energía en reposo. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

APARATO	*ENRGIA ESPECIFICA EN MOVIMIENTO mWh/Kg m*	*ENRGIA ESPECIFICA DE REPOSO mWh/Kg m*	*TIEMPO DE USO DIARIO*	*% ENERGIA REPOSO*
AE06	*0,785*	*1,93*	*1,55*	*71,08655617*

Como vemos, apenas hemos bajado un 10% la energía en reposo respecto a la energía específica del ascensor.

Si estudiamos a qué es debido esto, la respuesta la tenemos en la potencia en reposo del circuito de fuerza, el cual cuando el ascensor está parado consume el 56,22%, consumiendo más que la iluminación fluorescente de 120w.

Ahora analizaremos el ascensor AE08 Tabla V.7.

Tabla V.7 Ficha resumen de instalación AE08 Fuente:[28]

AE 08

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 08)		
N° de viviendas		25
N° de ascensores en la misma ubicación		2
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		Ascensores Sevilla
N° de paradas		10
Carga nominal (kg)		450
Recorrido nominal (m)		27
Masa de la cabina vacía (kg)		
Masa del contrapeso (kg)		
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 1,2075 m^2 N° lámparas ..... 4 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 18 W
Máquina de impulsión	Marca	PUMAQ
	Modelo	PA-610
	Pot. Abs	5,52 / 1,38 kW
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	1 / 0,25
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

Se puede observar que la iluminación se podría reducir en potencia y se le puede hacer una regulación por horas de uso. Por tanto si la iluminación la sustituimos por dos tubos de 8W tendríamos una reducción del 77% y si le regulásemos la iluminación en función de las horas de funcionamiento tendríamos un ahorro del 98,9% al año en iluminación.

De nuevo supongamos que a nuestro ascensor le hacemos los cambios necesarios en la cabina, para analizar los resultados Tabla.V.8 y Fig V.5.

Tabla V.8 Parámetros analizados ascensor AE08 Fuente: [28]

Resumen de parámetros analizados	
Consumo de energía activa circuito de fuerza (kWh)	7,29
Demanda máxima de potencia (W)	19.070
Horas totales de funcionamiento (h)	46,93
Potencia media total circuito fuerza (W)	155
Potencia media total circuito iluminación (W)	72
Consumo de energía activa circuito iluminación (kWh)	3,38
Consumo total de energía activa (kWh)	10,67
Horas en movimiento (h)	2,17
Potencia media en movimiento circuito de fuerza (W)	2543,23
Potencia media en movimiento circuito de iluminación (W)	72,00
Consumo de energía en movimiento circuito de fuerza (kWh)	5,52
Consumo de energía en movimiento circuito de iluminación (kWh)	0,16
Consumo total de energía en movimiento (kWh)	5,68
Horas en reposo (h)	44,76
Potencia media en reposo del circuito de fuerza (W)	39,55
Potencia media en reposo del circuito de iluminación (W)	72,00
Consumo de energía en reposo circuito de fuerza (kWh)	1,77
Consumo de energía en reposo circuito de iluminación (kWh)	3,22
Consumo total de energía en reposo (kWh)	4,99
Consumo total de energía (kWh)	10,67
Nº de maniobras	743
Consumo total de energía por maniobra (Wh)	14,36

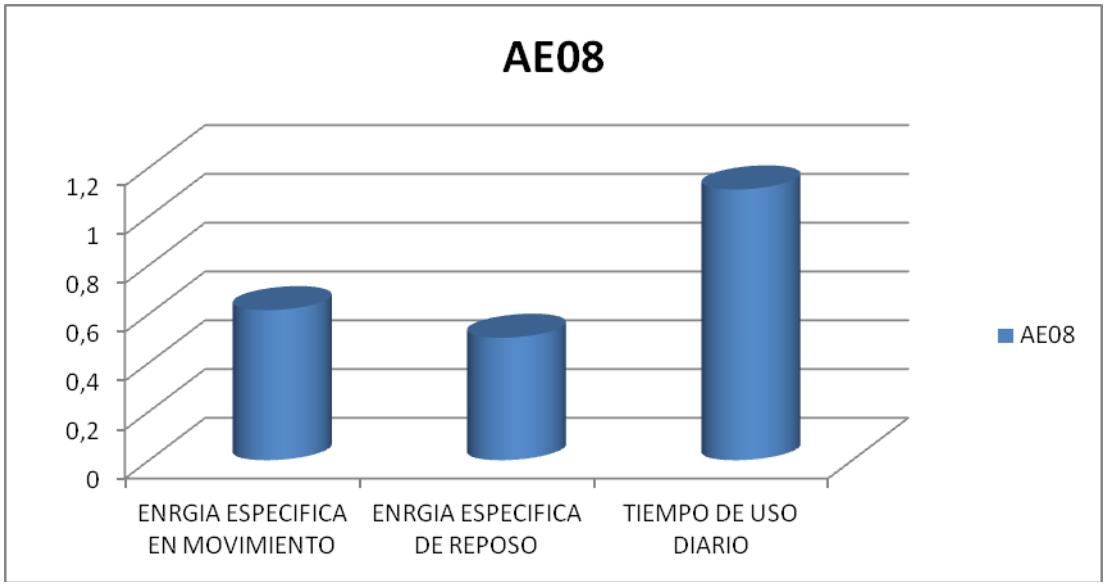


Fig V.5 Comparativa energías específicas. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Tabla V.9 Porcentaje energía en reposo. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

APARATO	ENRGIA ESPECIFICA EN MOVIMIENTO mWh/Kg m	ENRGIA ESPECIFICA DE REPOSO mWh/Kg m	TIEMPO DE USO DIARIO	% ENERGIA REPOSO
AE08	0,615	0,502	1,11	44,9418084

Como se puede apreciar Tabla V.9 hemos reducido significativamente el consumo específico en reposo del ascensor.

Si analizamos los parámetros analizados veremos que cuando el ascensor está en reposo el máximo consumo lo produce el circuito de alumbrado, siendo responsable de un 64,5% del consumo del ascensor en parado.

Tras ver estos datos podemos llegar a la conclusión de la importancia que tiene el consumo de iluminación de un ascensor, pero observando estos dos ascensores y habiendo mejorado su iluminación y siendo tan iguales después de la reforma vemos que un ascensor consume más en parado que el otro. Esto tampoco es extraño, ya que son dos máquinas diferentes y por tanto sus maniobras también son diferentes.

Ahora intentemos analizar dos ascensores similares (en un principio) como es el ascensor AE01 Tabla V.10 y el AE02 Tabla V.11

Tabla V.10 Ficha resumen de instalación AE01 Fuente:[28]

AE 01

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 01)		
Nº de viviendas		21
Nº de ascensores en la misma ubicación		1
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☒ Máquina en hueco
Fabricante principal		ThyssenKrupp
Nº de paradas		10
Carga nominal (kg)		450
Recorrido nominal (m)		28,5
Masa de la cabina vacía (kg)		-
Masa del contrapeso (kg)		-
Potencia eléctrica total instalada (kW)		-
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 1,25 m^2 Nº lámparas ..... 2 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 18 W
Máquina de impulsión	Marca	-
	Modelo	-
	Pot. Abs	-
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	1-0,25 m/s
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

Tabla V.11 Ficha resumen de instalación AE02 Fuente:[28]

AE 02

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 02)		
Nº de viviendas		21
Nº de ascensores en la misma ubicación		1
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☒ Máquina en hueco
Fabricante principal		ThyssenKrupp
Nº de paradas		10
Carga nominal (kg)		450
Recorrido nominal (m)		28,5
Masa de la cabina vacía (kg)		-
Masa del contrapeso (kg)		-
Potencia eléctrica total instalada (kW)		-
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 1,25 m^2 Nº lámparas ..... 2 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 18 W
Máquina de impulsión	Marca	-
	Modelo	-
	Pot. Abs	-
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	1 m/s
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	SI

Como se puede apreciar con los datos recogidos son ascensores con un número de viviendas iguales, siendo un ascensor por hueco, ascensores electromecánicos, mismo fabricante, tienen 10 paradas los dos, la carga nominal es la misma, el recorrido de los dos ascensores son los mismos metros (28,5 m), la iluminación en cabina es la misma (dos tubos fluorescentes de

18w), y la velocidad nominal es la misma (1 m/s). Pero una de las máquinas tiene variador de velocidad y la otra es de dos velocidades.

Ahora analicemos las medidas obtenidas Tabla V.12 y Tabla V.13.

Tabla V.12 Parámetros analizados ascensor AE01 Fuente: [28]

AE01

Resumen de parámetros analizados (sin variador)	
Consumo de energía activa (kWh)	19,04
Demanda máxima de potencia (W)	7.638
Horas totales de funcionamiento (h)	64,34
Potencia media total (W)	296
Potencia media total circuito iluminación (W)	36
Consumo de energía activa circuito iluminación (kWh)	2,32
Consumo total de energía activa (kWh)	19,04
Horas en movimiento (h)	8,36
Potencia media en movimiento (W)	945,10
Consumo total de energía en movimiento (kWh)	7,90
Horas en reposo (h)	55,98
Potencia media en reposo (W)	198,96
Consumo total de energía en reposo (kWh)	11,14
Consumo total de energía (kWh)	19,04
Nº de maniobras	658
Consumo total de energía por maniobra (Wh)	28,94

Tabla V.13 Parámetros analizados ascensor AE01 Fuente: [28]

AE02

Resumen de parámetros analizados (con variador)	
Consumo de energía activa (kWh)	19,67
Demanda máxima de potencia (W)	10.450
Horas totales de funcionamiento (h)	47,80
Potencia media total (W)	412
Potencia media total circuito iluminación (W)	36
Consumo de energía activa circuito iluminación (kWh)	1,72
Consumo total de energía activa (kWh)	19,67
Horas en movimiento (h)	7,16
Potencia media en movimiento (W)	1431,95
Consumo total de energía en movimiento (kWh)	10,25
Horas en reposo (h)	40,64
Potencia media en reposo (W)	231,73
Consumo total de energía en reposo (kWh)	9,42
Consumo total de energía (kWh)	19,67
Nº de maniobras	568
Consumo total de energía por maniobra (Wh)	34,63

Visto los datos Tabla V.12 y Tabla V.13 y teniendo en cuenta las nuevas tecnologías de iluminación más eficientes y las mejoras reglamentarias introducidas de apagado del ascensor cuando no está en uso, mejoremos la eficiencia energética de estos dos ascensores. Para ello sustituimos el alumbrado por fluorescente por dos tubos de led de 8W y veamos el resultado Tabla V.14 y Fig V.6.

Tabla V.14 Porcentaje energía en reposo AE01. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

APARATO	ENRGIA ESPECIFICA EN MOVIMIENTO mWh/Kg m	ENRGIA ESPECIFICA DE REPOSO mWh/Kg m	TIEMPO DE USO DIARIO	% ENERGIA REPOSO
AE01	0,863	0,674	3,12	43,85165908

Fig V.7 Comparativa energías específicas AE01. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Como se puede apreciar, se reduce la energía específica en reposo de un 48,26% a un 43,85% debido a que hemos reducido a la mitad la potencia del circuito de iluminación y sólo se enciende cuando el ascensor está en marcha.

Ahora veamos el AE02 Tabla V.15 y Fig V. 7.

Tabla V.15 Porcentaje energía en reposo AE02. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

APARATO	ENRGIA ESPECIFICA EN MOVIMIENTO	ENRGIA ESPECIFICA DE REPOSO	TIEMPO DE USO DIARIO	% ENERGIA REPOSO
AE02	1,388	0,685	3,6	33,04389773

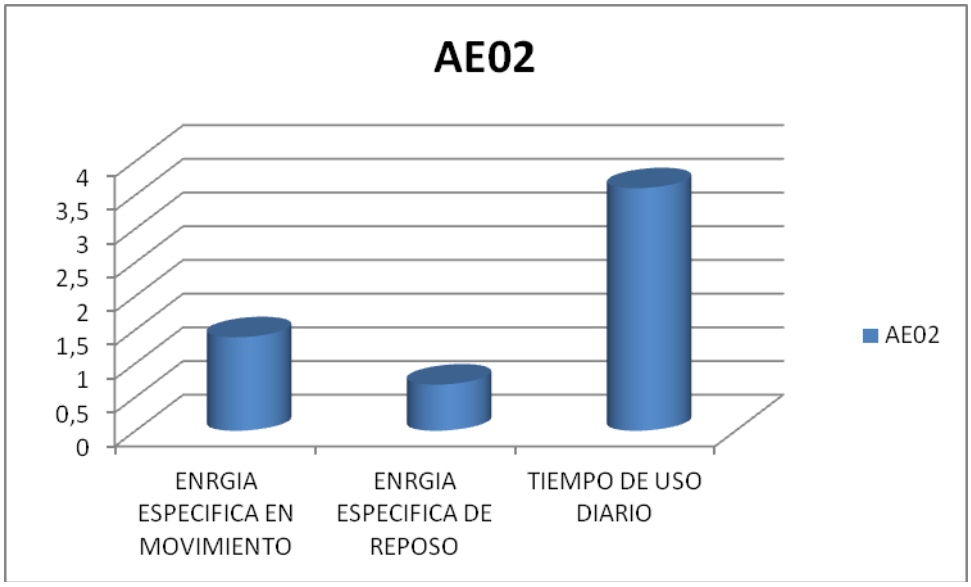


Fig V.7 Comparativa energías específicas AE01. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Como sucedía en el caso anterior se aprecia claramente una reducción de la energía específica en reposo que pasa de un 36,59% a un 33,04%.

5.1 Clasificación energética del ascensor

5.1.1 Introducción

En lo referente al ascensor en la actualidad no existe en nuestro país una ley o reglamento que regule el consumo de los ascensores a lo largo de su ciclo de vida. En este tipo de legislación el país más avanzado es Alemania.

En la actualidad no existe una legislación específica para el sector de la elevación que aborde este tema y los fabricantes tienen que apoyarse en otras directivas como por ejemplo 2005/32/CE ”requisitos de diseño ecológico aplicables a productos que utilizan energía” o la 2002/917CE “eficiencia energética de los edificios”.

En uno de los países de los estados miembros (Alemania) existe una normativa utilizada por empresas importantes del sector, como OTIS, Thyssenkrupp o Schindler. Esa norma es la VDI4707 ”Elevators, energy efficiency” pionera en la calificación energética de los ascensores.

Sabiendo el consumo energético del ascensor, el objetivo de esta norma es la clasificación energética del ascensor dependiendo de sus diferentes parámetros. La clasificación de esta norma es parecida a la de los electrodomésticos, con siete clases normadas de la A a la G.

En definitiva esta norma lo que pretende es estandarizar la clasificación para ascensores, con cierto rigor técnico, comparando ciertos parámetros y buscando que no resulte demasiado laborioso el proceso.

En esta norma el ascensor se analiza desde varios puntos de vista, como:

- Su frecuencia de uso.
- Las demandas energéticas en sus diferentes estados de uso (en movimiento o en reposo).

Esta norma tiene sus detractores y por tanto existe la duda de si llegará a ser la norma europea de referencia. Bien es cierto que hoy por hoy es un referente a falta de otras.

Quizás uno de sus mayores problemas resulte de lo inexacta que es al comparar ascensores de diferente naturaleza, debido a que el sistema de cálculo no tiene la versatilidad suficiente para ponderar determinados parámetros que influyen en el consumo del ascensor.

Esta norma resulta de poca utilidad para empresas pequeñas que se proveen de materiales de las empresas grandes ya que la VDI4707 es para ascensores completos, no por componentes, lo cual es razonable, ya que un componente eficiente en un ascensor determinado tiene que ser también eficiente en otro ascensor.

En la actualidad, empresas del sector de la elevación están dirigiendo sus esfuerzos hacia el desarrollo de ascensores energéticamente más eficientes. Estas empresas han detectado la importancia que tiene el desarrollar ascensores más eficientes energéticamente debido a la especial concienciación medioambiental de la sociedad actual. Teniendo en cuenta el parque actual de ascensores y los gastos que éstos conllevan, el ahorro energético en este sector toma mucha importancia, así como el impacto ambiental.

5.1.2 Clase de eficiencia energética

Para poder clasificar un ascensor correctamente, aparte de su diseño necesitamos saber su frecuencia de uso o horas de funcionamiento al día.

En la norma VDI4707 se clasifica los ascensores en 5 categorías dependiendo de las horas de día de uso y de reposo.

En la tabla siguiente Tabla V.16 se muestran los tiempos medios tanto en movimiento como en reposo de las cinco categorías existentes.

Tabla V.16 Categorías de uso VDI4707 Fuente: [28]

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

Otro de los valores que influyen a la hora de determinar la clase del ascensor es la energía en movimiento y de reposo. Estos valores determinan la clase energética en función de su uso.

Como se ha comentado antes existen siete clases de eficiencias de la A a la G siendo la de la letra A la de menor demanda energética, y por tanto la más eficiente.

Teniendo en cuenta la demanda de energía en reposo se clasifican en Tabla V.17

Tabla V.17 Clasificación por demanda energética en reposo. Fuente: [28]

Potencia (W)	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1600	> 1600
Clase	A	B	C	D	E	F	G

Y según la demanda en movimiento tenemos la siguiente clasificación Tabla V.18.

Tabla V.18 Clasificación por demanda energética en movimiento. Fuente: [28]

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

Como se ha comentado antes la clase de los ascensores depende de la demanda energética en reposo y en movimiento para una determinada carga y un periodo diario de tiempo, dividido entre la carga nominal y los metros recorridos, siendo esto la demanda total de energía del ascensor.

Teniendo todo esto en cuenta la asignación de la clase se da por los valores de la siguiente tabla Tabla V.19.

. Tabla V.19 Clasificación por demanda energética y categoría de uso. Fuente: [28]

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

Siendo la etiqueta tipo la siguiente Fig V.8:

Fig V.8 Certificado de eficiencia energética. Fuente: [28]En la siguiente tabla Tabla V.20 se muestran los resultados de la clasificación energética de los ascensores estudiados.

Tabla V.20 Clasificación energética de los ascensores estudiados. Fuente: [28]

Aparato	Tiempo movimiento (h/dia)	Tiempo reposo (h/dia)	Energia especifica del ascensor (mWh/Kg*m)	Clase por frecuencia de uso	Valor limite (m Wh/Kg*m)	Calificación energética
AE 01	3,12	20,88	1,705	4	B < 1,27 C < 2,12	C
AE 02	3,6	20,4	2,219	4	C < 2,12 D < 3,62	D
AE 03	1,38	22,62	2,673	2	A < 2,6 B < 4,92	B
AE 04	1,68	22,32	2,197	3	B < 2,14 C < 3,86	C
AE 05	2,88	21,12	1,206	3	A < 1,21	A
AE 06	1,55	22,45	4,271	3	C < 3,86 D < 7,1	D
AE 07	1,57	22,43	1,548	3	A < 1,02 B < 1,77	B
AE 08	1,11	22,89	2,049	2	A < 2,01 B < 3,74	B
AE 09	1,28	22,72	1,787	2	A < 2,01	A
AE 10	2,76	21,24	1,487	3	A < 1,37 B < 2,47	B
AE 11	4,75	19,25	1,62	4	B < 1,04 C < 1,66	C
AE 12	9,57	14,43	0,454	5	A < 0,57	A
AE 13	6,29	17,71	1,715	5	C < 1,41 D < 2,19	D
AE 14	5,89	18,11	0,69	4	A < 0,6 B < 0,91	B
AE 15	5,64	18,36	2,261	4	C < 1,67 D < 2,7	D
AE 16	2,93	21,07	1,76	3	B < 1,4 C < 2,37	C
AE 17	1,64	22,36	1,57	3	B < 1,50 C < 2,58	C
AE 18	2,38	21,62	1,84	3	A < 1,25 B < 2,23	B
AE 19	0,16	23,84	4,425	1	B < 2,91 C < 5,39	C
AE 20	0,52	23,48	1,857	2	A < 1,21 B < 2,15	B
AE 21	1,72	23,91	1,001	1	A < 0,77 B < 1,26	B
AE 22	0,09	23,91	17,428	1	D < 15,11 E < 29,24	E
AE 23	0,08	23,92	18,25	1	D < 15,11 E < 29,24	E
AE 24	1,75	22,25	1,727	3	B < 1,26 C < 2,09	C
AE 25	2,07	21,93	4,46	3	C < 3,11 D < 5,59	D
AE 26	0,74	23,26	2,647	2	A < 1,60 B < 2,91	B
AE 27	1,53	22,47	2,419	3	C < 2,09 B < 3,56	B
AE 28	3,17	20,83	1,441	4	B < 1,27 C < 2,12	C
AE 29	3,19	20,81	1,603	4	B < 1,27 C < 2,12	C
AE 30	1,75	22,25	1,159	3	A < 1,02 B < 1,77	B
AE 31	0,84	23,16	3,741	2	A < 3,8	A
AH 01	0,58	23,42	18,033	2	C < 10,47 D < 20,31	D
AH 02	0,33	23,67	15,176	1	C < 11,75 D < 22,88	D
AH 03	0,93	23,07	14,223	2	D < 10,18 E < 19,38	E
AH 04	1,78	22,22	3,313	3	C < 2,09 D < 3,54	D
AH 05	2,62	21,38	2,062	3	B < 1,25 C < 2,09	C
AH 06	2,49	21,51	6,49	3	D < 6,09 E < 11,20	E

Como se puede apreciar los resultados de calificación por nº de ascensores Tabla V.21 es

Tabla V.21 Clasificación energética por número de ascensores. Fuente: [28]

CALIFICACION	Nº APARATOS	%
A	4	10,81
B	11	29,73
C	10	27,03
D	8	21,62
E	4	10,81
TOTAL	37	100

Los resultados por la frecuencia de uso:

- Categoría 1 Tabla V.22 y Tabla V.23
- Categoría 2 Tabla V.24 y Tabla V.25
- Categoría 3 Tabla V.26 y Tabla V.27
- Categoría 4 Tabla V.28 y Tabla V.29
- Categoría 5 Tabla V.30 y Tabla V.31

Tabla V.22 Clasificación categoría 1. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

CALIFICACION	Nº APARATOS	%
A	0	0
B	0	0
C	1	25
D	1	25
E	2	50
TOTAL	4	100

Tabla V.23 Aparatos en categoría 1. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO
AE19	Comercio	1
AE22	Comercio	1
AE23	Comercio	1
AH02	Hospitalario	1

Tabla V.24 Clasificación categoría 2. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

CALIFICACION	Nº APARATOS	%
A	2	25
B	4	50
C	0	0
D	1	12,5
E	1	12,5
TOTAL	8	100

Tabla V.25 Aparatos en categoría 2. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO
AE03	Residencial	2
AE08	Residencial	2
AE09	Residencial	2
AE20	Comercio	2
AE26	Hotelero	2
AE31	Hotelero	2
AH01	Hospitalario	2
AH03	Administración	2

Tabla V.26 Clasificación categoría 3. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

CALIFICACION	Nº APARATOS	%
A	1	6,25
B	6	37,5
C	5	31,25
D	3	18,75
E	1	6,25
TOTAL	16	100

Tabla V.27 Aparatos en categoría 3. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO
AE04	Residencial	3
AE05	Residencial	3
AE06	Residencial	3
AE07	Residencial	3
AE10	Residencial	3
AE16	Administración	3
AE17	Administración	3
AE18	Administración	3
AE21	Comercio	3
AE24	R. Ancianos	3
AE25	R. Ancianos	3
AE27	Hotelero	3
AE30	Hotelero	3
AH04	R. Ancianos	3
AH05	R. Ancianos	3
AH06	R. Ancianos	3

Tabla V.28 Clasificación categoría 4. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

CALIFICACION	Nº APARATOS	%
A	0	0
B	1	14,28571429
C	4	57,14285714
D	2	28,57142857
E	0	0
TOTAL	7	100

Tabla V.29 Aparatos en categoría 4. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO
AE01	Residencial	4
AE02	Residencial	4
AE11	Hospitalario	4
AE14	Hospitalario	4
AE15	Administración	4
AE28	Hotelero	4
AE29	Hotelero	4

Tabla V.30 Clasificación categoría 5. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

CALIFICACION	Nº APARATOS	%
A	1	50
B	0	0
C	0	0
D	1	50
E	0	0
TOTAL	2	100

Tabla V.31 Aparatos en categoría 5. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO
AE12	Hospitalario	5
AE13	Hospitalario	5

De estas tablas se sacan datos en cierto modo sorprendentes, como por ejemplo que ascensores residenciales sean de categoría de uso 4 y ascensores de pública concurrencia estén en todas las categorías de uso. Veamos más detenidamente los ascensores del sector residencial Tabla V.32.

Tabla V.32 Ascensores residenciales. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
AE01	Residencial	4	C
AE02	Residencial	4	D
AE03	Residencial	2	B
AE04	Residencial	3	C
AE05	Residencial	3	A
AE06	Residencial	3	D
AE07	Residencial	3	B
AE08	Residencial	2	B
AE09	Residencial	2	A
AE10	Residencial	3	B

Se puede apreciar que en el sector residencial el 50% de los ascensores tiene la categoría de uso 3 frente al 30% de la categoría de uso 2 y un 20% de categoría de uso 4.

Es curioso ver que en los ascensores AE01 y AE02 la categoría de uso es 4. Si analizamos los emplazamientos de estos ascensores podemos ver que tiene su explicación en cuanto que están emplazados en un edificio de viviendas en el que existen oficinas, lo cual hace que el ascensor tenga un mayor tránsito que en un edificio de viviendas normal.

Si analizamos los ascensores públicos veríamos que se encuentran por todas las categorías de uso debido al uso de éstos.

Por otro lado podemos apreciar el bajo número de ascensores con categoría A. Ahora intentemos mejorar todos los ascensores del estudio, planteando ciertas hipótesis.

5.1.3 Mejoras en la eficiencia energética

Supongamos que a todos los ascensores del estudio se les aplica iluminación led, concretamente dos tubos de led de 8w cada uno, suponiendo que estos tubos dan la aportación suficiente de luz requerida por reglamentación en todos ellos. En la tabla siguiente Tabla V.33 se muestran la potencia instalada, la energía especifica tras el cambio a led, y la reducción de potencia en el circuito de iluminación.

Tabla V.33 Cambio de iluminación a led. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Ascensores	Pot. Iluminación (W)	Energia especifica (mWh/Kg*m)	Reduccion de potencia %
AE01	36	1,60	55,56
AE02	36	2,13	55,56
AE03	72	1,85	77,78
AE04	72	1,53	77,78
AE05	54	0,95	70,37
AE06	120	2,92	86,67
AE07	72	1,04	77,78
AE08	72	1,32	77,78
AE09	72	1,16	77,78
AE10	72	1,00	77,78
AE11	144	1,44	88,89
AE12	432	0,37	96,30
AE13	72	1,67	77,78
AE14	144	0,64	88,89
AE15	288	1,91	94,44
AE16	144	1,40	88,89
AE17	72	1,22	77,78
AE18	36	1,66	55,56
AE19	84	2,60	80,95
AE20	56	1,35	71,43
AE21	56	0,85	71,43
AE22	144	7,76	88,89
AE23	144	8,17	88,89
AE24	72	1,51	77,78
AE25	72	4,05	77,78
AE26	72	1,85	77,78
AE27	72	2,16	77,78
AE28	200	0,66	92,00
AE29	100	1,24	84,00
AE30	72	0,71	77,78
AE31	72	1,60	77,78
AH01	72	15,77	77,78
AH02	216	8,73	92,59
AH03	8,4	14,31	-90,48
AH04	144	2,86	88,89
AH05	144	1,76	88,89
AH06	72	6,13	77,78

En la Tabla V.33 se puede apreciar que en el ascensor AH03 verdaderamente lo que hacemos es aumentar potencia, ya que lo que tenía es una instalación de led con menor potencia.

Ahora veamos qué calificación energética tienen los ascensores Tabla V.34.

Tabla V.34 Calificación energética con el cambio a led. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

Aparato	Tiempo movimiento (h/dia)	Tiempo reposo (h/dia)	Energia especifica del ascensor (mWh/Kg*m)	Calificación energética
AE 01	3,12	20,88	1,6	C
AE 02	3,6	20,4	2,13	D
AE 03	1,38	22,62	1,85	A
AE 04	1,68	22,32	1,53	B
AE 05	2,88	21,12	0,95	A
AE 06	1,55	22,45	2,92	C
AE 07	1,57	22,43	1,04	B
AE 08	1,11	22,89	1,32	A
AE 09	1,28	22,72	1,16	A
AE 10	2,76	21,24	1	A
AE 11	4,75	19,25	1,44	C
AE 12	9,57	14,43	0,37	A
AE 13	6,29	17,71	1,67	D
AE 14	5,89	18,11	0,64	B
AE 15	5,64	18,36	1,91	D
AE 16	2,93	21,07	1,4	B
AE 17	1,64	22,36	1,22	B
AE 18	2,38	21,62	1,66	B
AE 19	0,16	23,84	2,6	B
AE 20	0,52	23,48	1,35	B
AE 21	1,72	23,91	0,85	B
AE 22	0,09	23,91	7,76	C
AE 23	0,08	23,92	8,17	D
AE 24	1,75	22,25	1,51	C
AE 25	2,07	21,93	4,05	D
AE 26	0,74	23,26	1,85	B
AE 27	1,53	22,47	2,16	B
AE 28	3,17	20,83	0,66	A
AE 29	3,19	20,81	1,24	C
AE 30	1,75	22,25	0,71	A
AE 31	0,84	23,16	1,6	A
AH 01	0,58	23,42	15,77	D
AH 02	0,33	23,67	8,73	C
AH 03	0,93	23,07	14,31	E
AH 04	1,78	22,22	2,86	D
AH 05	2,62	21,38	1,76	C
AH 06	2,49	21,51	6,13	E

Los ascensores en rojo son los ascensores que han cambiado de calificación energética quedando las estadísticas de la siguiente forma Tabla V.35.

Tabla V.35 Clasificación energética de los ascensores con cambio a led. Elaboración propia a partir de la referencia [28]

CALIFICACION	Nº APARATOS	%
A	9	24,32
B	11	29,73
C	9	24,32
D	6	16,22
E	2	5,41
TOTAL	37	100,00

Se puede apreciar una mejora en las calificaciones energéticas de los ascensores.

Quizás ahora lo que se nos plantea es qué calificación obtendrían el resto de ascensores con peores calificaciones energéticas si se apagasen las luces cuando no están en uso el ascensor. Veamos los resultados en la Tabla V.36.

Tabla V.36 Calificación energética con el cambio a led y encendido en uso. Elaboración propia a partirde la referencia [28]

Aparato	Energia especifica del ascensor (mWh/Kg*m)	Clase por frecuencia	Velocidad (m/s)	Carga nominal (Kg)	Calificación energética
AE 01	1,5374	4	1	450	C
AE 02	2,0733	4	1	450	C
AE 03	1,6190	2	1	320	A
AE 04	1,3442	3	1	320	B
AE 05	0,8521	3	1	320	A
AE 06	2,7183	3	1	320	C
AE 07	0,8990	3	1	450	A
AE 08	1,1181	2	1	450	A
AE 09	0,9856	2	1	450	A
AE 10	0,8676	3	0,8	320	A
AE 11	1,4181	4	1	975	C
AE 12	0,3673	5	1,6	1800	A
AE 13	1,6557	5	1	1125	D
AE 14	0,6365	4	1,52	1800	B
AE 15	1,8973	4	1,2	800	D
AE 16	1,3575	3	1	750	B
AE 17	1,1243	3	1	630	B
AE 18	1,5255	3	1	300	B
AE 19	2,1752	1	1	1600	A
AE 20	1,1456	2	1	1000	B
AE 21	0,7901	1	0,5	2000	B
AE 22	6,5574	1	0,5	2000	C
AE 23	6,9182	1	0,5	2000	C
AE 24	1,4545	3	1	1000	C
AE 25	3,9467	3	1	450	D
AE 26	1,6315	2	1	630	B
AE 27	2,0966	3	1	1000	A
AE 28	0,5931	4	1	450	A
AE 29	1,1742	4	1	450	C
AE 30	0,5814	3	1	450	A
AE 31	0,9975	2	0,63	320	A
AH 01	15,1376	2	0,63	450	D
AH 02	8,2195	1	0,63	1000	C
AH 03	14,1386	2	0,63	1000	E
AH 04	2,8010	3	0,63	1600	D
AH 05	1,7244	3	0,63	1600	C
AH 06	6,0324	3	0,63	630	D

Los ascensores en rojo son los ascensores que han cambiado de calificación energética con el led, y los subrayados en amarillo los que han cambiado con el apagado automático quedando las estadísticas de la siguiente forma Tabla V.37.

Tabla V.37 Clasificación energética de los ascensores con cambio a led y apagado automático. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

CALIFICACION	Nº APARATOS	%
A	12	32,43
B	8	21,62
C	10	27,03
D	6	16,22
E	1	2,70
TOTAL	37	100,00

Se observa que seis ascensores han cambiado de categoría energética (los subrayados en amarillo), pero si nos fijamos veremos que tres de ellos habían cambiado su categoría con el mero hecho de cambiar a led (los subrayados en amarillo y con las letras rojas).

Si analizamos un poco los datos veremos que para los ascensores hidráulicos (AH) es difícil conseguir una certificación energética buena; lo más que obtienen es C.

Comparando los ascensores AH05 y AH04 (Tabla V.38) vemos que los dos son ascensores parecidos pero obtienen calificaciones diferentes; también vemos que con el cambio a iluminación más eficiente tampoco les mejoramos la calificación energética a estos dos ascensores.

Tabla V.38 Ficha resumen de instalación AH04 Fuente:[28]

AH 04

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AH 04)		
N° de plazas totales		90
N° de ascensores en la misma ubicación		3
Características del aparato analizado		
Tecnología		☒ Hidráulico ☐ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		ORONA
N° de paradas		8
Carga nominal (kg)		1600
Recorrido nominal (m)		21
Masa de la cabina vacía (kg)		
Masa del contrapeso (kg)		
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 3,5 m^2 N° lámparas ..... 4 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp.... ... 36 W
Máquina de impulsión	Marca	-
	Modelo	-
	Pot. Abs	36 kW
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	0,63
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	NO

Tabla V.39 Ficha resumen de instalación AH05 Fuente:[28]

AH 05

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AH 05)		
N° de plazas totales		90
N° de ascensores en la misma ubicación		3
Características del aparato analizado		
Tecnología		☒ Hidráulico ☐ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		ORONA
N° de paradas		8
Carga nominal (kg)		1600
Recorrido nominal (m)		21
Masa de la cabina vacía (kg)		-
Masa del contrapeso (kg)		-
Potencia eléctrica total instalada (kW)		-
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 3,57 m^2 N° lámparas ..... 4 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 36 W
Máquina de impulsión	Marca	-
	Modelo	-
	Pot. Abs	36 kW
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	0,63
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	NO

Tras ver estos datos podemos suponer varias hipótesis de cuál es el motivo de la diferencia de consumos entre ambos. La primera y más lógica sería pensar que uno realiza más viajes que el otro, pero sabemos que el ascensor AH05 realiza más maniobras que el AH04 (el AH05 realiza 725 maniobras frente a 380 del AH04 en un periodo de tiempo similar). Las otras hipótesis son que el ascensor AH04 realiza trayectos más largos por maniobra o transporta más carga por maniobra, de ahí la diferencia de categorías entre ambos.

También comentar que en ascensores de uso público nos encontramos casos como el de los aparatos AE25, AE15 y AE13, cuya calificación energética es D frente a ascensores como el

AE12 y AE18 de calificación energética A y B respectivamente. Analicemos un poco más el sector público y sus categorías de usos.

Empecemos viendo a los ascensores de menor uso Tabla V.40.

Tabla V.40 Sector público categoría de uso 1. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
AE19	Comercio	1	A
AE22	Comercio	1	C
AE23	Comercio	1	C
AH02	Hospitalario	1	C

Vemos en esta tabla que la calificación energética que más predomina por la categoría de uso es la C, descartando al ascensor hidráulico. Veamos sus características Tabla V.41, Tabla V.42 y Tabla V.43.

Tabla V.41 Ficha resumen de instalación AE19 Fuente:[28]

AE 19

FICHA RESUMEN DE INSTALACION (AE 19)		
N° de ascensores en la misma ubicación		1
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☐ Electromec. con reductora ☒ Electromec. sin reductora ☒ Máquina en hueco
Fabricante principal		KONE
N° de paradas		2
Carga nominal (kg)		1600
Recorrido nominal (m)		4,2
Masa de la cabina vacía (kg)		1910
Masa del contrapeso (kg)		2710
Potencia eléctrica total instalada (kW)		12,4
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 3,52 m^2 N° lámparas ..... 12 Tipo lamp..... LED´s Potencia unitaria lamp..... 7 W
Máquina de impulsión	Marca	KONE
	Modelo	MX-20
	Pot. Abs	
	cos φ	
	Velocidad (m/s)	1
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	SI

Tabla V.42 Ficha resumen de instalación AE22 Fuente:[28]

AE 22

FICHA RESUMEN DE INSTALACION (AE 22)		
Nº de ascensores en la misma ubicación		2
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☐ Electromec. con reductora ☒ Electromec. sin reductora ☒ Máquina en hueco
Fabricante principal		KONE
Nº de paradas		2
Carga nominal (kg)		2000
Recorrido nominal (m)		5,2
Masa de la cabina vacía (kg)		1590
Masa del contrapeso (kg)		2590
Potencia eléctrica total instalada (kW)		5,4
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 3,93 m^2 Nº lámparas ..... 4 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 36 W
Máquina de impulsión	Marca	KONE
	Modelo	MX - 10
	Pot. Abs	
	cos φ	
	Velocidad (m/s)	0,5 m/s
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	SI

Tabla V.43 Ficha resumen de instalación AE23 Fuente:[28]

AE 23

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 23)		
Nº de ascensores en la misma ubicación		2
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☐ Electromec. con reductora ☒ Electromec. sin reductora ☒ Máquina en hueco
Fabricante principal		KONE
Nº de paradas		2
Carga nominal (kg)		2000
Recorrido nominal (m)		5,2
Masa de la cabina vacía (kg)		1590
Masa del contrapeso (kg)		2590
Potencia eléctrica total instalada (kW)		5,4
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 3,93 m^2 Nº lámparas ..... 4 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 36 W
Máquina de impulsión	Marca	KONE
	Modelo	MX-10
	Pot. Abs	
	cos φ	
	Velocidad (m/s)	0,5 m/s
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	SI

Viendo sus características podemos apreciar que el recorrido es el mismo (dos paradas), por la Tabla V.1 sabemos que el número de viajes en el ascensor AE19 es mayor, también sabemos que la potencia instalada en la cabina es la misma (dos tubos led de 8w que funcionan cuando se usa), vemos que la calificación energética es diferente. Podríamos pensar que es la velocidad la culpable, pero si aplicamos las formulas de la Tabla V.19 vemos que la velocidad baja hace que mejoren la clasificación. Por tanto lo que hace que tengan peor calificación es el exceso de carga por Veamos el resto de categorías de uso Tabla V.44, Tabla V.45, Tabla V.46 y Tabla V.47.

Tabla V.44 Sector público categoría de uso 2. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
AE20	Comercio	2	B
AE26	Hotelero	2	B
AE31	Hotelero	2	A
AH01	Hospitalario	2	D
AH03	Administración	2	E

En esta tabla (Tabla V.44) se observa que los ascensores hidráulicos energéticamente no son muy eficientes.

Tabla V.45 Sector público categoría de uso 3. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
AE16	Administración	3	B
AE17	Administración	3	B
AE18	Administración	3	B
AE21	Comercio	3	B
AE24	R. Ancianos	3	C
AE25	R. Ancianos	3	D
AE27	Hotelero	3	A
AE30	Hotelero	3	A
AH04	R. Ancianos	3	D
AH05	R. Ancianos	3	C
AH06	R. Ancianos	3	D

En la Tabla V.45 se puede ver que hay un ascensor hidráulico con la misma calificación energética que los electromecánicos y a la inversa también.

En esta tabla se observa que ascensores eléctricos consiguen mismas calificaciones que ascensores electromecánicos.

Tabla V.46 Sector público categoría de uso 4. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
AE11	Hospitalario	4	C
AE14	Hospitalario	4	B
AE15	Administración	4	D
AE28	Hotelero	4	A
AE29	Hotelero	4	C

En esta tabla (Tabla V.46) podemos ver dos casos peculiares, el ascensor AE28 (Tabla V.48) y el AE29 (Tabla V.49), en los que la carga del ascensor es igual, los recorridos son mayores en el ascensor AE28, pero la calificación energética es mejor en éste. Veamos sus respectivas características Tabla V.48 y Tabla V.49

Tabla V.48 Ficha resumen de instalación AE28 Fuente:[28]

AE 28

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 28)		
N° de habitaciones		142
N° de ascensores en la misma ubicación		2 + 1 montacargas
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		OTIS
N° de paradas		12
Carga nominal (kg)		450
Recorrido nominal (m)		33
Masa de la cabina vacía (kg)		350
Masa del contrapeso (kg)		525
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie .....1,5892 m² N° lámparas ..... 4 Tipo lamp..... halogenos Potencia unitaria lamp..... 50 W
Máquina de impulsión	Marca	OTIS
	Modelo	13VTR
	Pot. Abs	5 / 1.25 kW
	cos φ	
	Velocidad (m/s)	1-0,25
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

Tabla V.49 Ficha resumen de instalación AE29 Fuente:[28]

AE 29

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 29)		
N° de habitaciones		62
N° de ascensores en la misma ubicación		1
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		OTIS
N° de paradas		9
Carga nominal (kg)		450
Recorrido nominal (m)		24
Masa de la cabina vacía (kg)		450
Masa del contrapeso (kg)		675
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 1,078 m^2 N° lámparas ..... 2 Tipo lamp..... halogenos Potencia unitaria lamp..... 50 W
Máquina de impulsión	Marca	OTIS
	Modelo	11VTR
	Pot. Abs	5 / 1,25 kW
	cos φ	
	Velocidad (m/s)	1-0,25
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

Sabemos que el ascensor AE28 tiene más recorrido, y mayor número de maniobras, pero en sus características vemos que la cabina y el contrapeso pesan menos que el ascensor AE29; la diferencia de pesos entre contrapesos es de 150 kg.

Por tanto cada vez que el ascensor AE29 se mueve en vacío transporta 150 kg por viaje más que el AE28.

Veamos qué pasa con el resto de ascensores de esta categoría de uso Tabla V.50, Tabla V.51 y Tabla V.52.

Tabla V.50 Ficha resumen de instalación AE11 Fuente:[28]

AE 11

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 11)		
N° de camas instaladas		90
N° de ascensores en la misma ubicación		2
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		Schindler
N° de paradas		6
Carga nominal (kg)		975
Recorrido nominal (m)		15
Masa de la cabina vacía (kg)		1300
Masa del contrapeso (kg)		1700
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ……2,1 m^2 N° lámparas …….. 8 Tipo lamp……..Fluorescentes Potencia unitaria lamp…….18 W
Máquina de impulsión	Marca	Schindler
	Modelo	W163
	Pot. Abs	12,5 kW
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	De 0 a 1 m/s
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	DINATRON S

Tabla V.51 Ficha resumen de instalación AE14 Fuente:[28]

AE 14

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 14)		
N° de camas instaladas		795
N° de ascensores en la misma ubicación		1
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		Schindler
N° de paradas		14
Carga nominal (kg)		1800
Recorrido nominal (m)		39
Masa de la cabina vacía (kg)		1200
Masa del contrapeso (kg)		1800
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie .....2,8755 m^2 N° lámparas .....4 Tipo lamp.....Fluorescentes Potencia unitaria lamp.....36 W
Máquina de impulsión	Marca	Giesa
	Modelo	S-14
	Pot. Abs	29,42 kW
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	De 0 a 1,52
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	GIRATRON

Tabla V.52 Ficha resumen de instalación AE15 Fuente:[28]

AE 15

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 15)		
Nº de ascensores en la misma ubicación		3
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		Schindler
Nº de paradas		7
Carga nominal (kg)		800
Recorrido nominal (m)		18
Masa de la cabina vacía (kg)		675
Masa del contrapeso (kg)		975
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie .....1,95 m² Nº lámparas ..... 8 Tipo lamp.....Fluorescentes Potencia unitaria lamp.....36 W
Máquina de impulsión	Marca	Schindler
	Modelo	W163
	Pot. Abs	12,5 kW
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	De 0 a 1,20
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	DINATRON S

En estos ascensores comparativamente no podemos apreciar mucho pero vemos cómo en el sector hospitalario la clasificación energética es de B y C mientras que en el sector hotelero es de D. La hipótesis más probable a este caso es que en el sector hospitalario la cabina del ascensor con el contrapeso estén más equilibrados.

Tabla V.47 Sector público categoría de uso 5. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
AE12	Hospitalario	5	A
AE13	Hospitalario	5	D

Analicemos estos dos ascensores Tabla V.53 y Tabla V.54.

Tabla V.53 Ficha resumen de instalación AE12 Fuente:[28]

AE 12

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 12)		
Nº de camas instaladas		795
Nº de ascensores en la misma ubicación		3
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		Schindler
Nº de paradas		14
Carga nominal (kg)		1800
Recorrido nominal (m)		39
Masa de la cabina vacía (kg)		1450
Masa del contrapeso (kg)		3250
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ……..3,75 m² Nº lámparas ……..12 Tipo lamp…….. Fluorescentes Potencia unitaria lamp……36 W
Máquina de impulsión	Marca	Schindler
	Modelo	W250
	Pot. Abs	22,5 kW
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	1,6
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	VARIODYN

Tabla V.54 Ficha resumen de instalación AE13 Fuente:[28]

AE 13

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 13)		
N° de ascensores en la misma ubicación		2
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		Schindler
N° de paradas		8
Carga nominal (kg)		1125
Recorrido nominal (m)		21
Masa de la cabina vacía (kg)		1100
Masa del contrapeso (kg)		1650
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie .....2,17 m^2 N° lámparas .....2 Tipo lamp.....Fluorescentes Potencia unitaria lamp.....36 W
Máquina de impulsión	Marca	Giesa
	Modelo	S14
	Pot. Abs	25 kW
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	1-0,25 m/s
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

Al ver estos dos aparatos la hipótesis anterior se confirma. El AE12 tiene mayor recorrido, mayor velocidad y más ciclos de uso, y la iluminación nueva es igual en los dos: dos tubos de led de 8 W cada uno. Por tanto el ascensor AE12 es más eficiente energéticamente debido a que los viajes que realiza son más equilibrados, es decir la cabina con carga y el contrapeso están más equilibrados.

Estudiemos ahora el sector de la elevación más importante y de mayor uso, que es sector residencial Tabla V.55.

Tabla V.55 Sector residencial. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
AE01	Residencial	4	C
AE02	Residencial	4	C
AE03	Residencial	2	A
AE04	Residencial	3	B
AE05	Residencial	3	A
AE06	Residencial	3	C
AE07	Residencial	3	A
AE08	Residencial	2	A
AE09	Residencial	2	A
AE10	Residencial	3	A

Como se puede apreciar en el sector residencial la categoría de uso más habitual es la 3 Tabla V.56.

Tabla V.56 Categoría de uso residencial. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

CATEGORIA DE USO	SECTOR RESIDENCIAL %
1	0
2	30
3	50
4	20
5	0

En la Tabla V.57 se muestran los aparatos con la categoría de uso 2 y calificación energética.

Tabla V.57 Sector residencial categoría de uso 2. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
AE03	Residencial	2	A
AE08	Residencial	2	A
AE09	Residencial	2	A

En las tablas Tabla V.58, Tabla V.59 y Tabla V.60 se muestran las características de los ascensores de esta categoría de uso.

Tabla V.58 Ficha resumen de instalación AE03 Fuente:[28]

AE 03

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 03)		
N° de viviendas y oficinas		23
N° de ascensores en la misma ubicación		2
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		OTIS
N° de paradas		8
Carga nominal (kg)		320
Recorrido nominal (m)		21
Masa de la cabina vacía (kg)		275
Masa del contrapeso (kg)		412
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ……. 0,8775 m^2 N° lámparas …… 2 Tipo lamp……. Fluorescentes Potencia unitaria lamp……. 36 W
Máquina de impulsión	Marca	OTIS
	Modelo	140VAT
	Pot. Abs	5 kW
	cos φ	
	Velocidad (m/s)	1-0,25
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

Tabla V.59 Ficha resumen de instalación AE08 Fuente:[28]

AE 08

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 08)		
Nº de viviendas		25
Nº de ascensores en la misma ubicación		2
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		Ascensores Sevilla
Nº de paradas		10
Carga nominal (kg)		450
Recorrido nominal (m)		27
Masa de la cabina vacía (kg)		
Masa del contrapeso (kg)		
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 1,2075 m^2 Nº lámparas ..... 4 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 18 W
Máquina de impulsión	Marca	PUMAQ
	Modelo	PA-610
	Pot. Abs	5,52 / 1,38 kW
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	1 / 0,25
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

Tabla V.60 Ficha resumen de instalación AE09 Fuente:[28]

AE 09

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 09)		
Nº de viviendas		16
Nº de ascensores en la misma ubicación		1
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		Ascensores Sevilla
Nº de paradas		10
Carga nominal (kg)		450
Recorrido nominal (m)		27
Masa de la cabina vacía (kg)		
Masa del contrapeso (kg)		
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 1,2075 m^2 Nº lámparas ..... 4 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 18 W
Máquina de impulsión	Marca	PUMAQ
	Modelo	PA-610
	Pot. Abs	5,52 / 1,38 kW
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	1 / 0,25
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

Comentar que los ascensores AE08 y AE03 mejoraron su calificación por la mejora lumínica.

Veamos los ascensores con la categoría de uso más habitual Tabla V.61.

Tabla V.61 Sector residencial categoría de uso 3. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
AE04	Residencial	3	B
AE05	Residencial	3	A
AE06	Residencial	3	C
AE07	Residencial	3	A
AE10	Residencial	3	A

En este grupo de ascensores se ve la importancia de la mejora energética en iluminación, ya que todos ellos, salvo el AE05, han mejorado la calificación energética.

Veamos sus características en las tablas siguientes: Tabla V.62, Tabla V.63, Tabla V.64, Tabla V.65 y Tabla V.66

Tabla V.62 Ficha resumen de instalación AE04 Fuente:[28]

AE 04

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 04)		
Nº de viviendas y oficinas		23
Nº de ascensores en la misma ubicación		2
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		OTIS
Nº de paradas		8
Carga nominal (kg)		320
Recorrido nominal (m)		21
Masa de la cabina vacía (kg)		275
Masa del contrapeso (kg)		412
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ……..… 0,8775 m^2 Nº lámparas ……..... 2 Tipo lamp……..Fluorescentes Potencia unitaria lamp…….36 W
Máquina de impulsión	Marca	OTIS
	Modelo	140VAT
	Pot. Abs	5 kW
	cos φ	
	Velocidad (m/s)	1-0,25
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

Tabla V.63 Ficha resumen de instalación AE05
Fuente:[28]

AE 05

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 05)		
N° de viviendas		36
N° de ascensores en la misma ubicación		2
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		OTIS
N° de paradas		14
Carga nominal (kg)		320
Recorrido nominal (m)		39
Masa de la cabina vacía (kg)		275
Masa del contrapeso (kg)		412
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 1,15 m^2 N° lámparas ..... 3 Tipo lamp..... Fluorecentes Potencia unitaria lamp..... 18 W
Máquina de impulsión	Marca	OTIS
	Modelo	160 VAT
	Pot. Abs	5 kW
	cos φ	
	Velocidad (m/s)	1-0,25
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

Tabla V.64 Ficha resumen de instalación AE06 Fuente:[28]

AE 06

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 06)		
N° de viviendas		145 (48 por escalera)
N° de ascensores en la misma ubicación		6 (2 por escalera)
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		OTIS
N° de paradas		13
Carga nominal (kg)		320
Recorrido nominal (m)		36
Masa de la cabina vacía (kg)		275
Masa del contrapeso (kg)		412
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 0,9024 m^2 N° lámparas ..... 2 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 60 W
Máquina de impulsión	Marca	OTIS
	Modelo	140VAT
	Pot. Abs	5 kW
	cos φ	
	Velocidad (m/s)	1
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	OVF10 SAC 5 KW

Tabla V.65 Ficha resumen de instalación AE07 Fuente:[28]

AE 07

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 07)		
N° de viviendas		25
N° de ascensores en la misma ubicación		2
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		Ascensores Sevilla
N° de paradas		10
Carga nominal (kg)		450
Recorrido nominal (m)		27
Masa de la cabina vacía (kg)		
Masa del contrapeso (kg)		
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 1,2075 m^2 N° lámparas ..... 4 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 18 W
Máquina de impulsión	Marca	PUMAQ
	Modelo	PA-610
	Pot. Abs	5,52 / 1,38 kW
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	1 / 0,25
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

Tabla V.66 Ficha resumen de instalación AE10 Fuente:[28]

AE 10

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 10)		
Nº de viviendas		31
Nº de ascensores en la misma ubicación		1
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☐ Máquina en hueco
Fabricante principal		OTIS
Nº de paradas		12
Carga nominal (kg)		320
Recorrido nominal (m)		33
Masa de la cabina vacía (kg)		250
Masa del contrapeso (kg)		375
Potencia eléctrica total instalada (kW)		
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 0,9409 m² Nº lámparas ..... 2 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 36 W
Máquina de impulsión	Marca	OTIS
	Modelo	11VT
	Pot. Abs	3,31 kW
	cos φ	
	Velocidad (m/s)	0,8-0,25
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

En este grupo, tras observar las características de los ascensores, se hace de nuevo patente la importancia del equilibrado de la cabina con peso y el contrapeso, aparte de mejorar la instalación con motores más eficientes.

Pasemos a la última categoría de uso Tabla V.67.

Tabla V.67 Sector residencial categoría de uso 4. Elaboración propia a partir de la referencia [28].

APARATO	SECTOR	CATEGORIA DE USO	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
AE01	Residencial	4	C
AE02	Residencial	4	C

Veamos las características de estos ascensores: Tabla V.68 y Tabla V.69

Tabla V.68 Ficha resumen de instalación AE01 Fuente:[28]

AE 01

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 01)		
Nº de viviendas		21
Nº de ascensores en la misma ubicación		1
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☒ Máquina en hueco
Fabricante principal		ThyssenKrupp
Nº de paradas		10
Carga nominal (kg)		450
Recorrido nominal (m)		28,5
Masa de la cabina vacía (kg)		-
Masa del contrapeso (kg)		-
Potencia eléctrica total instalada (kW)		-
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 1,25 m² Nº lámparas ..... 2 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 18 W
Máquina de impulsión	Marca	-
	Modelo	-
	Pot. Abs	-
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	1-0,25 m/s
	Dos velocidades	SI
	Variador de frecuencia	NO

Tabla V.69 Ficha resumen de instalación AE02 Fuente:[28]

AE 02

FICHA RESUMEN DE INSTALACIÓN (AE 02)		
N° de viviendas		21
N° de ascensores en la misma ubicación		1
Características del aparato analizado		
Tecnología		☐ Hidráulico ☒ Electromec. con reductora ☐ Electromec. sin reductora ☒ Máquina en hueco
Fabricante principal		ThyssenKrupp
N° de paradas		10
Carga nominal (kg)		450
Recorrido nominal (m)		28,5
Masa de la cabina vacía (kg)		-
Masa del contrapeso (kg)		-
Potencia eléctrica total instalada (kW)		-
Iluminación de la cabina		Superficie ..... 1,25 m^2 N° lámparas ..... 2 Tipo lamp..... Fluorescentes Potencia unitaria lamp..... 18 W
Máquina de impulsión	Marca	-
	Modelo	-
	Pot. Abs	-
	cos φ	-
	Velocidad (m/s)	1 m/s
	Dos velocidades	NO
	Variador de frecuencia	SI

Como se puede ver la categoría de uso de estos ascensores puede ser debida a que existen oficinas.

Estos dos ascensores, que a primera vista son gemelos, difieren en que el ascensor AE01 tiene mejor calificación energética que AE02, aun teniendo mayor número de maniobras; otro dato a tener en cuenta que es que AE02 tiene variador.

La calificación del ascensor AE02 cambia con el cambio de iluminación. Pero observamos que en los dos ascensores, con el cambio de iluminación, su calificación energética es sólo C. Esto lo podemos achacar a que es un ascensor sobre-dimensionado para el número de pasajeros habituales. Los ascensores hacen muchos viajes de funcionamiento con exceso de peso debido al contrapeso.

5.2 Conclusiones

Tras haber visto las tablas y los resultados, podemos decir que antes de instalar un ascensor hay que saber el uso que se le va a dar al edificio o mejor dicho al ascensor. También comentar que con los nuevos motores sin reductora el ahorro energético puede ser de un 25 a un 40% respecto a los ascensores electromecánicos con reductora y de un 60% con respecto a los ascensores hidráulicos. La tecnología de los ascensores hidráulicos con respecto a los nuevos ascensores electromecánicos se ha quedado energéticamente obsoleta. En la actualidad existen ascensores sin contrapeso y con la máquina dentro del hueco, haciendo que los ascensores hidráulicos se instalen por cuestiones económicas(son mas baratos que los electromecánicos sin contrapeso).

En cuanto a ascensores ya instalados, la mejora energética puede pasar por:

- La más básica y económica, es la sustitución de la iluminación de cabina existente a led, pudiéndose instalar un sistema de control de uso para conseguir así mayor ahorro energético.
- La sustitución del motor existente por otro sin reductora energéticamente más eficiente.
- Y por supuesto la combinación de ambas, que en modo alguno son complementarios.

Podríamos pensar que el poner un variador de frecuencia a nuestra instalación antigua nos ayudaría a conseguir un ahorro energético. Efectivamente el ahorro energético como tal existe, ya que se eliminan esos picos elevados de arranque además de alargar la vida de nuestra máquina tractora, pero en lo que se refiere a la factura de la luz no es tan evidente, ya que éste requiere refrigerarse y la placa electrónica requiere de energía para su funcionamiento.

Para los ascensores de nueva instalación y para los ascensores instalados es importante tener una maniobra adecuada para la demanda de ese ascensor. Con una maniobra adecuada para el uso de un ascensor ahorraremos tiempo y energía que se puede traducir en un doble beneficio.

CAPÍTULO 6

6 Mejoras energéticas en el mundo del ascensor

6.1 Introducción

Hoy en día la preocupación por el medio ambiente y la degradación de este se hace patente en el mundo occidental debido al cambio climático, debido a nuestro desarrollo industrial.

Debido a este desarrollo industrial se hace necesario el contaminar, otra opción sería el no contaminar pero este caso sería inviable ya que gran parte del bienestar de la población se debe a este desarrollo industrial. Por otro lado el desarrollo industrial y la evolución de este no implica necesariamente la necesidad de un aumento de la contaminación, sino simplemente implica un desarrollo industrial más eficiente y menos contaminante en todo proceso industrial.

Por tanto como conclusión debemos de sacar que el desarrollo industrial y las modernizaciones de este proceso deben de seguir un camino hacia la eficiencia.

6.2 Datos generales

En el caso que nos ocupa, se puede decir que los edificios son los máximos consumidores de energía del planeta y dentro de estos consumidores de energía, la parte común de estos edificios se lleva la mayor parte, debido a que el ascensor supone un 70% de este gasto.

En nuestro País según el Registro de Aparatos Elevadores hay más de un millón de aparatos Fig VI.1, realizando estos unos doscientos millones de viajes al día.

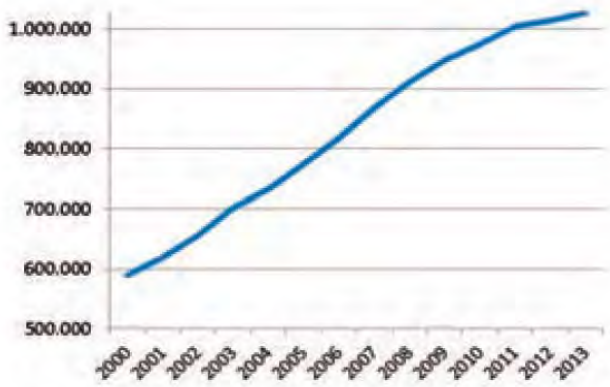


Gráfico 1. Evolución del parque de ascensores en España según el registro de Aparatos Elevadores. **Fuente:** OTIS.

Fig VI.1 Evolución del parque de ascensores español. Fuente: [21] Guía sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Ascensores de la Comunidad de Madrid, pagina web: www.madrid.org

6.3 Consumo energético de los ascensores

Hoy en día cuando pensamos en consumos energéticos en un edifico y sobre todo en la parte comunal pensamos en los gastos producidos por las luces, la calefacción y si nos acordamos del ascensor es más por el gasto del contrato de mantenimiento que por el gasto energético. La gente cuando se sube a un ascensor no piensa que esa ”caja mágica” consuma energía solo saben que pulsan a los botones y son transportados al piso que ellos quieren.

En España por desgracia el parque de ascensores es viejo, que queremos decir con esto, pues que aproximadamente el 90% de los ascensores instalados en España son de impulsión hidráulica y eléctricos con reductora.

Esto es debido a que hasta el año 2005 los ascensores de última generación no empezaron a comercializarse de una forma más continua. Entendiéndose estos ascensores como aquellos que tienen una mayor eficiencia en el grupo tractor, es decir haciendo desaparecer la reductora.

Se puede decir que esto es debido a que la mayor parte de los edificios fueron construidos en la década de los 60-80 cuando esta tecnología estaba todavía en pañales.

Por tanto en España el parque de ascensores esta compuesto aproximadamente por un 20% de ascensores hidráulicos y un 80% eléctricos.

Por tanto se puede hablar que el consumo medio de un ascensor hidráulico es de 1.800kwh y el consumo medio anual de un ascensor eléctrico es de 800kwh. A estos consumo habría que añadirle el consumo de las luminarias encendidas las 24h, que si nos ponemos en el caso mas estándar luminarias de 2x18 mas sus reactancias nos sale un consumo de aproximado de 385Kwh.

6.4 Ascensores modernos o de última generación

Se puede decir que la evolución del ascensor siempre a seguido el camino de la seguridad, por tanto los ascensores antiguos o convencionales el desarrollo que han tenido ha sido siempre encaminado hacia el ascensor más seguro. Por tanto el desarrollo de estos estaba en caminado hacia la seguridad, pero debido al mayor conciencia medioambiental y paralelo al desarrollo de la seguridad se están desarrollando ascensores más eficientes energéticamente.

Por tanto que entendemos por ascensores modernos o de última generación, son ascensores que energéticamente consumen menos y que se componen de:

- No es necesario cuarto de máquinas, lo cual no implica que se pueda poner la maniobra en el cuarto de máquinas. También decir que no todos los ascensores sin cuarto de máquinas son de última generación. En este caso podemos decir que se ve un importante ahorro en cuanto a la construcción del edificio.

- Máquina de imanes permanentes con motor síncrono Fig VI.2 que permite la tracción directa. Esto es lo que verdaderamente hace que a un ascensor se le pueda llamar de última generación.

Foto 1. Imagen de una máquina de última generación, donde se aprecia la ausencia de reductor. **Fuente:** OTIS.

Fig VI.2 Motor de imanes permanentes. Fuente: [21] Guía sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Ascensores de la Comunidad de Madrid, pagina web: www.madrid.org

- Nuevos elementos de tracción y suspensión. Donde cabe destacar las famosas cintas de Otis Fig VI.3 y el cable sintético de Schindler Fig VI.3. Estos nuevos elementos tienen como ventaja que tienen mayor vida útil ya que reducen las fricciones, la polea motriz puede ser de menor diámetro ya que el radio de curvatura de los nuevos elementos es menor, no necesitan lubricación y son más ligeras.

Fig VI.3 Cintas planas de otis. Fuente: [21]

Fig VI.3 Cable sintético Schindler. Fuente: [29] Diario de un ascensorista, página web: http://diariodeunascensorista.blogspot.com.es/2013/11/historia-ascensor-3.html

- Cuadros de maniobras por microprocesador
- Sistemas regenerativos de energía. Estos sistemas funcionan cuando la fuerza de la gravedad contribuye al movimiento haciendo que la maquina genere energía en vez de consumirla. Estos sistemas regenerativos apenas se usan y la energía producida por el motor es consumida por una resistencia.

Hablando de ascensores de última generación podemos hablar de ascensores monofásicos, capaces de reutilizar la energía generada por ellos para su propio uso.

Estos ascensores tienen la ventaja de que no requieren de una instalación trifásica y tienen una potencia 500w. Están equipados con acumuladores a220v y es de donde el ascensor se nutre en los arranques y el viaje. En caso de corte eléctrico el ascensor puede realizar más de 100 viajes sin alimentación a red.

Estos ascensores podrían funcionar de forma autónoma conectados a una instalación solar. Teniendo esto en cuenta si tenemos un ascensor de un edificio singular, con una utilización diaria usual (un edificio de viviendas), la orientación del tejado es sur, sin ningún tipo de sombras necesitaríamos una instalación Tabla VI.1.

Ref.	Descripció	unitats	PVR/unitat	Subtotal
REC01000007	Módulo policristalino 265Wp Twin Peak (120half-cell)	12	249,55 €	2.994,60 €
APS01000010	Estructura para cubierta inclinada C40 para 3 paneles	4	146,90 €	587,60 €
AME01000006	Sistema inteligente de almacenamiento de energía SQUARE para fotovoltaica de 3 KW/ 6KWh	1	6.900,00 €	6.900,00 €
ARA11000009	Caja de protección y medida AC 32 A	1	581,33 €	581,33 €
CNT01000004	Contador digital trifásico 400 AC 80 A	1	276,00 €	276,00 €
			TOTAL	**11.339,53 €**

Tabla VI.1. Material necesario para instalación solar fotovoltaica.

Si suponemos que el consumo medio de un ascensor es de 1,8 Kwh/día tenemos un ahorro anual aproximado de unos 80 euros al año que multiplicado por 30años de vida de un ascensor nos da 2400 euros de ahorro. Por otra parte si supusiésemos que un ascensor de consumo 500w trabajase durante 6h al día de continuo, tendríamos un consumo 3Kwh/día, saliéndonos un ahorro de aproximadamente 83 euros.

Si tenemos en cuenta la tipología de los ascensores que nos podemos encontrar en España que son ascensores de 4, 6 y 8 personas, siendo el más utilizado antiguamente el de 4 personas para viviendas. Ahora en las modernizaciones y en instalaciones nuevas el más utilizado es el de 6 personas para viviendas.

Sabiendo esto y centrándonos en edificios residenciales y siguiendo el estándar de uso VDI 4707 Tabla VI.2 podemos hacer un estimativo energético entre los diferentes ascensores.

Tabla VI.2 Categoría de uso según VDI 4707. Fuente: [30] Ascensores. Eficiencia energética y clasificación según VDI 4707, autores: Ignacio Chozas Rivera, Alberto Roig Domínguez y pedro González Castaño. Página web: http://aulagreencities.coamalaga.es/wp-content/uploads/2014/05/ASCENSORES.-EFICIENCIA-ENERG%C3%89TICA-Y-CLASIFICACI%C3%93N-SEG%C3%9AN-VDI-4707.pdf

Categoría	1	2	3	4	5
Intensidad de uso	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Frecuencia	Casi nunca	Rara vez	Ocasional	Frecuente	Muy Frecuente
Tiempo promedio en viaje (horas/día)	0,2	0,5	1,5	3	6
Tiempo promedio en standby (horas/día)	23,8	23,5	22,5	21	18
Tipo de edificio y uso	-Edificios residenciales hasta 6 alturas -Pequeños edificios administrativos y de oficinas con muy poca actividad	-Edificios residenciales hasta 20 alturas -Pequeños edificios de oficinas de 2 a 5 alturas	-Edificios residenciales hasta 50 alturas -Pequeños edificios de oficinas hasta 10 alturas -Hoteles de mediano tamaño	-Edificios residenciales de más de 50 alturas -Pequeños edificios de oficinas de mas 10 alturas -Hoteles de gran tamaño -Hospitales de medio y pequeño tamaño	-Edificios oficinas de alrededor 100m de altura -Grandes hospitales

Las cifras obtenidas son debidas a ensayos realizados en torres de pruebas de Zardoya Otis S. A. en instalaciones reales y en algunos casos datos inferidos matemática mente Tabla VI.3 y Tabla VI.4 .

Tabla VI.3 . Comparativa última generación contra electromecánicos tradicionales. Fuente: [21]

CAPACIDAD DEL ASCENSOR	CONSUMO ANUAL EN KWH		AHORRO	AHORRO EN %
	Ascensor última generación	Eléctrico convencional		
4 personas	420	660	240 kWh al año	36,36 %
6 personas	470	770	300 kWh al año	38,96 %
8 personas	530	925	395 kWh al año	42,70 %

Como se puede observar se consigue un ahorro de energía de un 36% aproximadamente y si lo comparamos el viejo de 4 personas con el nuevo de 6 personas conseguimos un ahorro de 28,79% aproximadamente.

Si esto lo comparásemos con ascensores Hidráulicos.

Tabla VI.4 . Comparativa última generación contra hidraulicos. Fuente: [21]

CAPACIDAD DEL ASCENSOR	CONSUMO ANUAL EN KWH		AHORRO	AHORRO EN %
	Ascensor última generación	Eléctrico convencional		
4 personas	420	1.350	930 kWh al año	68,89 %
6 personas	470	1.790	1.320 kWh al año	73,74 %
8 personas	530	2.400	1.870 kWh al año	77,92 %

Como se puede apreciar el ahorro energético es casi del 69%. Aquí no cabe comparar el ascensor de 4 con el de 6 personas ya que se supone que el hueco esta optimizado al máximo ya que el ascensor hidráulico optimiza al máximo el hueco al no tener contrapeso.

6.5 Modernizaciones.

Al hablar de modernizaciones se nos viene a la cabeza modificación en los ascensores. Esto es cierto, pero cuando decimos modernizaciones, nos estamos refiriendo a las modificaciones o mejoras que se les puede realizar a los ascensores existentes.

Estas modernizaciones o modificaciones las podemos entender de la siguiente forma, ya que existes dos tipos de mejoras:

- Modernizaciones de seguridad
- Modernizaciones energéticas

Estas modernizaciones estas estrechamente ligadas ya que una modernización de seguridad implica cambios energéticos en general y una modernización energética tiene que cumplir unos requisitos de seguridad para ser instalada.

Las modernizaciones obligatorias vienen regidas por el Real Decreto 57/2005, de 21 de enero, por el que se establecen prescripciones para el incremento de la seguridad del parque de ascensores existente.

Diciendo en su articulado:

Artículo 1 Incremento de seguridad del parque de ascensores existente

1. *Los ascensores puestos en servicio con anterioridad a la exigencia de los requisitos del Real Decreto 1314/ 1997, de 1 de agosto, deberán cumplir, además de las condiciones técnicas de la reglamentación en vigor cuando fueron autorizados, las que figuran en el anexo de este real decreto.*

2. *La adopción de las medidas que figuran en el anexo se realizará:*

- ***a)*** *Medidas 1 a 11: en el plazo máximo de un año desde el momento en que un organismo de control autorizado realice la correspondiente inspección periódica reglamentaria. En el acta de esta inspección se harán constar las medidas de seguridad, de entre las relacionadas en el anexo, que se deben incorporar al ascensor inspeccionado y el plazo para llevarlo a cabo.*

Las comunidades autónomas podrán establecer plazos inferiores.

- ***b)*** *Medidas 12 a 16: cuando se den los supuestos que se indican en cada una de ellas.*

3. *Cuando existan condiciones objetivas que impidan la implantación de las medidas establecidas en el anexo, el titular del ascensor deberá solicitar al órgano competente de la comunidad autónoma su exoneración. Junto con la solicitud y la justificación de la imposibilidad mencionada, se propondrán las medidas alternativas de seguridad equivalentes. El órgano competente de la comunidad autónoma decidirá sobre la solicitud, para lo cual podrá exigir la presentación previa de un informe favorable de un organismo de control autorizado.*

Anexo

Medidas de seguridad a las que se refiere el artículo 1

Medida		*Disposiciones aplicables*	
		Ascensores eléctricos	*Ascensores hidráulicos*
1	*Instalar en el foso un interruptor de parada, un interruptor de iluminación del hueco y una toma de corriente, para uso del personal de mantenimiento.*	*5.7.3.4* *UNE-EN 81-1:2001*	*5.7.2.5* *UNE-EN 81-2:2001*
2	*Modificar el faldón bajo el umbral de la cabina, haciéndolo de la mayor altura posible, compatible con la profundidad del foso, hasta un máximo de 75 cm.*	*8.4* *ITC MIE-AEM 1*	*8.4* *UNE 58717:1989*
3	*Dotar de puertas a las cabinas, junto con un indicador posicional de la cabina, visible desde su interior.*	*8.5/8.6* *ITC MIE-AEM 1*	*8.5/8.6* *UNE 58717:1989*
4	*Instalar en la cabina iluminación y alarma de emergencia.*	*8.17.3/8.17.4* *ITC MIE-AEM 1*	*8.17.3/8.17.4* *UNE 58717:1989*
5	*Dotar de protección a las poleas de reenvío de suspensión, de desvío, de compensación y de máquinas.*	*9.7/12.9* *ITC MIE-AEM 1*	*9.4/12.11* *UNE 58717:1989*
6	*Instalar contacto de seguridad de aflojamiento de cable limitador.*	*9.9.11.3* *ITC MIE-AEM 1*	*9.10.2.10.3* *UNE 58717:1989*
7	*Dotar de un dispositivo de parada que actúe cuando el ascensor no arranque o patinen los cables.*	*10.6.2* *ITC MIE-AEM 1*	*-*
8	*Posibilitar que se pueda controlar fácilmente, desde el cuarto de máquinas, si la cabina se encuentra en una zona de desenclavamiento.*	*12.5.1.2* *ITC MIE-AEM 1*	*12.9.3* *UNE 58717:1989*
9	*En los motores alimentados directamente por una red, la llegada de energía deberá ser cortada por dos contactores independientes.*	*12.7.1* *ITC MIE-AEM 1*	*-*

10	*Instalar en cabina un sistema de comunicación bidireccional que permita una comunicación permanente con un servicio de intervención rápida en edificios de ocupación diaria temporal (edificios públicos o de oficinas), estacional o viviendas de baja ocupación, y otras situaciones que determine el órgano competente de la comunidad autónoma.*	*14.2.3* *UNE-EN 81-1:2001*	*14.2.3* *UNE-EN 81-2:2001*
11	*Instalar una barandilla en el techo de la cabina cuando el espacio libre entre el borde del techo y la pared del hueco sea mayor de 30 cm.*	*8.13.3* *UNE-EN 81-1:2001*	*8.13.3* *UNE-EN 81-2:2001*
12	*Eliminar el amianto de los mecanismos de frenado, cuando se sustituyan éstos.*	*0.3.1* *UNE-EN 81-1:2001*	*-*
13	*Cuando se cambie el equipo tractor deberá lograrse una precisión de ± 2 cm del nivel de parada de la cabina respecto al nivel del piso.*	*-*	*-*
14	*Cuando se proceda al cambio de una bomba del equipo hidráulico, el nuevo equipo deberá disponer de una bomba manual para desplazar la cabina hacia arriba.*	*-*	*12.9.2* *UNE 58717:1989*
15	*Cuando se cambie la cabina se instalarán en ella y en el descansillo órganos de mando inteligibles por minusválidos y se dotará a la cabina de un dispositivo de control de sobrecarga.*	*1.2 anexo I Real Decreto 1314/1997, de 1 de agosto, y 14.2.5 UNE-EN 81-1:2001*	*1.2 anexo I Real Decreto 1314/1997, de 1 de agosto, y 14.2.5 UNE-EN 81-2:2001*
16	*Cuando se cambie el grupo tractor junto con la cabina o con el bastidor, deberá instalarse un dispositivo que impida el movimiento ascendente incontrolado de la cabina.*	*9.10* *UNE-EN 81-1:2001*	*-*

Como se puede comprobar son medidas encaminadas a la seguridad y además de obligado cumplimiento.

Pero nosotros necesitamos saber qué son las modificaciones, pues bien todo esto nos lo resuelve el Real Decreto 88/2013, de 8 de febrero, por el que se aprueba la Instrucción

Técnica Complementaria AEM 1 "Ascensores" del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, aprobado por Real Decreto 2291/1985, de 8 de noviembre.

Donde su punto 9 nos dice:

Modificaciones importantes

9. Concepto de modificaciones importantes.

9.1 Las modificaciones importantes son cambios significativos en ascensores ya existentes, que no pueden ser considerados como operaciones de simple mantenimiento o reparación.

9.1.1 Se consideran expresamente modificaciones importantes de los ascensores las siguientes:

Modificación importante	*Norma UNE-EN de referencia (1)*			
	Ascensores eléctricos		*Ascensores hidráulicos*	
	81-1:2001+ A3:2010		*81-2:2001+ A3:2010*	
	Apartados	*Anexos*	*Apartados*	*Anexos*
a) cambio de:				
9.1.1 la velocidad nominal;	*12.6*	*-*	*12.8*	*-*
9.1.2 la carga nominal;	*8.2*	*G-M-N*	*8.2*	*G-K*
9.1.3 la masa de la cabina;	*8.2*	*G-M-N*	*9.1-9.2*	*G-K*
9.1.4 el recorrido (2) ;	*5* *9* *10* *12.10*	*G-M-N*	*5* *9.1* *9.2*	*G-K*
b) cambio o sustitución por tipo distinto de:				
9.1.5 los dispositivos de enclavamiento (2) ;	*7.7*	*B-F1*	*7.7*	*B-F1*
9.1.6 el sistema de control (2));	*14.2*	*H*	*14.2*	*H*

9.1.7 las guías o el tipo de guías;	*5.7.7.1.a* *5.7.1.2* *5.7.2.3* *10.1* *10.2*	*G*	*5.7.7.1.a* *5.7.1.2* *10.1* *10.2*	*G*
9.1.8 el tipo de puertas (o añadir una o varias puertas de piso o de cabina) (2));	*7* *8.6* *8.7*	*G-M-N*	*7* *8.6* *8.7*	*G-K*
9.1.9 la máquina;	*12*	*M*	*12*	*K*
9.1.10 la polea motriz (2) ;	*9.2* *9,3*	*M*	*-*	*-*
9.1.11 el limitador de velocidad ((2) ;	*9.9*	*F4*	*9.10.2*	*F4*
9.1.12 el dispositivo de protección contra sobrevelocidad en subida;	*9.10*	*F7*	*-*	*-*
9.1.13 los amortiguadores (2));	*10.3* *10.4*	*F5 - L*	*10.3* *10.4*	*F5*
9.1.14 el paracaídas;	*9.8*	*F3*	*9.8*	*F3*
9.1.15 el dispositivo de bloqueo;	*-*	*-*	*9.9*	*-*
9.1.16 el dispositivo de retén;	*-*	*-*	*9.11*	*-*
9.1.17 el cilindro;	*-*	*-*	*12,2*	*-*
9.1.18 la válvula de sobrepresión;	*-*	*-*	*12.5.3*	*-*
9.1.19 la válvula paracaídas;	*-*	*-*	*12.5.5*	*-*
9.1.20 el reductor de caudal y/o reductor unidireccional	*-*	*-*	*12.5.6*	*-*
9.1.21 el dispositivo mecánico para prevenir el movimiento de la cabina	*6.4.3.1*	*-*	*6.4.3.1*	*-*

9.1.22 el dispositivo mecánico para detener la cabina	*6.4.4.1*	*–*	*6.4.4.1*	*–*
9.1.23 la plataforma	*6.4.5*	*–*	*6.4.5*	*–*
9.1.24 el dispositivo mecánico para bloquear la cabina o los topes móviles	*6.4.5.2*	*–*	*6.4.5.2*	*–*
9.1.25 los dispositivos para maniobras de emergencia y ensayos	*6.6*	*–*	*6.6*	*–*
9.1.26 la protección del movimiento incontrolado de la cabina	*9.11*	*F8*	*9.13*	*F8*

9.2 *Las modificaciones importantes se realizarán, en cuanto a condiciones técnicas, sobre la base de la reglamentación que fuera aplicable a los ascensores en el momento de su instalación y, en su caso, de las posteriores que les fueran exigibles.*

No obstante, cuando se logre una mayor seguridad en los elementos que se modifiquen o sustituyan, o se mejore la accesibilidad, mediante las nuevas prescripciones técnicas derivadas de la Directiva 95/16/CE, se aplicarán éstas también en los ascensores anteriores, salvo que resultaran incompatibles con la instalación existente. A tal fin, se utilizarán como referencia las prescripciones de las normas que se mencionan en la tabla precedente.

9.3 *El cambio de un elemento por otro distinto, sea o no parte de una modificación importante, no conllevará, si no es necesario, el cambio de otros elementos o componentes.*

9.4 *Las modificaciones importantes, u otras sustituciones de distintos elementos, no podrán suponer la renovación completa del ascensor existente, sea en una o en varias etapas. Se aplicará el siguiente criterio:*

- ***a)*** *Siempre que se mantengan las guías de cabina del ascensor, o aún cambiándolas, si se sustituyen guías que no sean de perfil «T» por otras que sí lo sean, se considerará que se trata de una modificación parcial del ascensor, por lo que se regirá por la reglamentación que le fuera de aplicación, de acuerdo con el epígrafe 9.2 anterior.*

- ***b)*** *Cuando se cambien todos los componentes de un ascensor, salvo lo indicado en la letra a) respecto de las guías, se considerará que se produce una sustitución completa del aparato, y se aplicarán las prescripciones íntegras del apartado 4 de esta ITC, salvo*

que el órgano competente de la Comunidad Autónoma, en atención a situaciones objetivas excepcionales, establezca otra cosa.

En el punto 14 nos encontramos las excepciones

14. *Excepciones.*

14.1 *Las condiciones de diseño de los ascensores sujetos a las disposiciones de aplicación de directivas de la Unión Europea están sujetas a las reglas de excepcionalidad establecidas en aquellas.*

Por lo que se refiere, en particular, al apartado 2.2 del anexo I del Real Decreto 1314/1997, de 1 de agosto, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 95/16/CE, sobre ascensores, modificado por Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, se contemplarán las siguientes situaciones:

- ***14.1.1*** *Caso de un edificio nuevo.*

Se dispondrán siempre los refugios o espacios libres que indica el citado epígrafe 2.2, salvo que, mediante un estudio arquitectónico, en relación con las circunstancias presentes, pudiera demostrarse que no existe esa posibilidad, en cuyo caso se procedería como se indica en el epígrafe siguiente.

- ***14.1.2*** *Caso de un edificio existente.*

Se dispondrán igualmente los refugios o espacios libres que indica el citado epígrafe 2.2. No obstante, en casos excepcionales, en particular, en casos de edificios histórico-artísticos, o para posibilitar la accesibilidad, si el titular de la instalación, una vez estudiadas todas las posibilidades para practicar tales refugios o espacios libres, llegase a la conclusión de que no se puede, materialmente, adoptar esa disposición, o que tendrían que emplearse medios desproporcionados para ello, deberá solicitar del órgano competente de la Comunidad Autónoma que reconozca, previamente a la ejecución de la instalación, la correspondiente situación de excepcionalidad.

El citado órgano competente deberá emitir resolución motivada.

Si la situación de excepcionalidad fuera reconocida como tal, el instalador deberá proceder a justificar la medida alternativa a la disposición de refugios o espacios libres que introduzca en su diseño, incluyéndola en el expediente técnico de fabricación, de la misma forma que el resto de requisitos esenciales. Dicha medida no deberá ser objeto de aprobación por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, sino que corresponderá únicamente a la

responsabilidad del instalador, aplicando en su caso, si lo desea, una de las soluciones que pueda contemplar la norma armonizada pertinente.

El instalador añadirá copia de la resolución motivada, o referencia de la misma, a la documentación que, de acuerdo con el apartado 4 de esta ITC, se aporte para la puesta en servicio de los ascensores.

***14.2** Las disposiciones aplicables a los ascensores instalados de acuerdo con la reglamentación nacional anterior a la vigencia del Real Decreto 1314/1997, de 1 de agosto, tienen el carácter de mínimos exigibles. Cuando se realicen modificaciones en los mismos, mediante soluciones técnicas no contempladas en aquellas disposiciones, deberá justificarse que las mismas ofrecen un nivel de seguridad, al menos, equivalente, o que posibilitan la accesibilidad ofrecida por el propio ascensor.*

Para ello, el procedimiento a seguir será el siguiente:

- ***1.** La empresa deberá preparar una documentación técnica donde:*
    - ***a)** Se especificarán los apartados de la normativa pertinente que los nuevos elementos no pueden satisfacer.*
    - ***b)** Para cada apartado no satisfecho, se justificará cómo se logra una seguridad equivalente con los nuevos elementos, indicando, en particular, los medios de control y actuación en el caso de posibles desgastes no visibles desde el exterior.*
    - ***c)** Se incluirá en el manual de uso y mantenimiento, y para el uso de la empresa conservadora de ascensores, todo lo que se deba considerar en el mantenimiento del equipo, derivado de la modificación realizada.*
- ***2.** Con la documentación señalada en el epígrafe anterior, se procederá como si se **tratara de una modificación importante, aplicándose lo establecido en el apartado 10** de esta ITC.*

El anexo VII contiene una lista no exhaustiva de casos particulares, que podrá actualizarse mediante resolución del órgano competente en materia de Seguridad Industrial del Ministerio

de Industria, Energía y Turismo, a petición de parte interesada y mediante informe del Comité Técnico de Reglamentos de Productos Industriales del Consejo de Coordinación de la Seguridad Industrial, cuyo reglamento fue aprobado por Real Decreto 251/1997, de 21 de febrero.

- ***ANEXO VII***

Lista de excepciones reconocidas a las que se refiere el apartado 14.2 de la ITC

1. *Modificación de los medios de suspensión.*

Modificación de los medios de suspensión y tracción, sus elementos y fijaciones (cambios, en general asociados al de las máquinas existentes por las modernas sin engranajes y de motores controlados), que suponga el cambio de los sistemas basados en cables trenzados de acero por otros basados en cintas de acero recubiertas de plásticos, cables plásticos, cables de acero de diámetro reducido, etc.

2. *Apagado o atenuado de la iluminación de la cabina.*

La iluminación de la cabina podrá apagarse o atenuarse, según el caso, si se cumplen las siguientes condiciones:

- ***a)*** *Para todos los ascensores:*
    - ***a.1.*** *Al abrir la puerta de piso se enciende inmediatamente el alumbrado normal;*
    - ***a.2.*** *Si la cabina inicia un viaje, y durante el mismo se detiene anormalmente fuera de la zona de desenclavamiento de cualquier puerta de piso, el sistema de apagado o atenuado descrito en los apartados siguientes queda inoperativo, y la cabina continúa iluminada permanentemente con su iluminación normal hasta la reposición del servicio del ascensor.*
- ***b)*** *Ascensores dotados de puertas de piso de accionamiento automático:*

La iluminación puede cortarse o atenuarse mientras la cabina se encuentre estacionada en un piso y con la puerta de piso cerrada.

- ***c)*** *Ascensores dotados de puertas de piso de accionamiento manual:*
    - ***c.1.*** *Sin mirillas transparentes.*

La iluminación puede apagarse o atenuarse, mientras la cabina se encuentre estacionada en un piso y con la puerta de piso cerrada, si el control de presencia de cabina tras la puerta se realiza mediante una señal luminosa que sólo puede encenderse cuando la cabina está a punto de

detenerse o detenida en el piso considerado. Esta señal debe permanecer encendida mientras la cabina permanezca en ese piso.

- ***c.2.*** *Con una o más mirillas transparentes.*

La iluminación puede atenuarse, mientras la cabina se encuentre estacionada en un piso y con la puerta de piso cerrada, si la atenuación es tal que sigue permitiendo el poder saber, antes de abrir la puerta, si la cabina se encuentra o no detrás.

Después de haber repasado las normas veamos que modificaciones energéticas podemos realizar en los ascensores instalados.

6.6 Modificaciones eficientes

Como ya sabemos en España hay aproximadamente un millón de ascensores instalados de los cuales alrededor de un 60% tienen tecnologías obsoletas[27]. También sabemos que lo ideal sería cambiarlos todos, pero económica mente eso es inviable.

Hoy en día a estos ascensores obsoletos lo que se les hace es un lavado de cara y a los propietarios se les vende lo que se llama un paquete energético.

Estos paquetes pueden ser muy variados, pero general mente el más común es el de cambio de iluminación.

Ya sabemos que en España el parque de ascensores mayoritario es el sector residencial. Este sector donde más ahorro pude obtener es en el de la iluminación a no ser que haga otro tipo de modificación más costoso.

Ahora si estudiamos el parque de ascensores español reglamentariamente podríamos clasificar los ascensores en tres tipos: ascensores que se rigen por el reglamento del 66, ascensores de la ITC y ascensores de marcado CE o de directiva.

Los ascensores de marcado CE se rigen por el Real Decreto 1314/1997, de 1 de agosto, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 95/16/CE, sobre ascensores (Vigente hasta el 26 de Mayo de 2016).

En el Anexo I en su punto 4.8 dice:

4.8 *Las cabinas deberán disponer de una iluminación suficiente que se ponga en marcha cuando se utilicen o cuando tengan abierta una puerta; además, las cabinas contarán con una iluminación de socorro.*

Como se puede ver la cabina no necesita estar iluminada mientras no esté siendo utilizada.

Pero ¿qué pasa con los otros ascensores y los nuevos ascensores dados de alta a partir del 26 de mayo del 2016?

Los nuevos ascensores según se les aplica el Real Decreto 203/2016, de 20 de mayo, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de ascensores y componentes de seguridad para ascensores diciendo en su texto:

Disposición transitoria segunda. Reglamentación aplicable a los ascensores o componentes de seguridad para ascensores puestos en servicio o comercializados con anterioridad a la entrada en vigor del presente real decreto.

Los ascensores o componentes de seguridad para ascensores cuya introducción en el mercado, comercialización o puesta en servicio se hubiese efectuado con anterioridad a la entrada en vigor del presente real decreto, seguirán rigiéndose por las prescripciones técnicas que les han venido siendo de aplicación hasta esta fecha.

Disposición derogatoria única. Derogación normativa.

1. Queda derogado el Real Decreto 1314/1997, de 1 de agosto, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 95/16/CE, de 29 de junio de 1995, sobre ascensores.

2. Asimismo quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo establecido en el presente real decreto.

Por tanto en su Anexo I punto 4.8 dice:

4.8 *Las cabinas deberán disponer de una iluminación suficiente que se ponga en marcha cuando se utilicen o cuando se abra una puerta; además, las cabinas contarán con una iluminación de socorro.*

Pues como se puede ver dice lo mismo que el anterior decreto y por tanto la cabina no necesita iluminación mientras no se esté utilizando.

Pero los ascensores viejos, los de la reglamentación del 66 y de la ITC que pasa con ellos. Pues bien como hemos comentado antes el Real Decreto 88/2013, de 8 de febrero, por el que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria AEM 1 "Ascensores" nos da la solución en su Anexo VII punto 2 diciendo:

2. *Apagado o atenuado de la iluminación de la cabina.*

La iluminación de la cabina podrá apagarse o atenuarse, según el caso, si se cumplen las siguientes condiciones:

- ***a)*** *Para todos los ascensores:*
    - ***a.1.*** *Al abrir la puerta de piso se enciende inmediatamente el alumbrado normal;*
    - ***a.2.*** *Si la cabina inicia un viaje, y durante el mismo se detiene anormalmente fuera de la zona de desenclavamiento de cualquier puerta de piso, el sistema de apagado o atenuado descrito en los apartados siguientes queda inoperativo, y la cabina continúa iluminada permanentemente con su iluminación normal hasta la reposición del servicio del ascensor.*
- ***b)*** *Ascensores dotados de puertas de piso de accionamiento automático:*

La iluminación puede cortarse o atenuarse mientras la cabina se encuentre estacionada en un piso y con la puerta de piso cerrada.

- ***c)*** *Ascensores dotados de puertas de piso de accionamiento manual:*
    - ***c.1.*** *Sin mirillas transparentes.*

La iluminación puede apagarse o atenuarse, mientras la cabina se encuentre estacionada en un piso y con la puerta de piso cerrada, si el control de presencia de cabina tras la puerta se realiza mediante una señal luminosa que sólo puede encenderse cuando la cabina está a punto de detenerse o detenida en el piso considerado. Esta señal debe permanecer encendida mientras la cabina permanezca en ese piso.

    - ***c.2.*** *Con una o más mirillas transparentes.*

La iluminación puede atenuarse, mientras la cabina se encuentre estacionada en un piso y con la puerta de piso cerrada, si la atenuación es tal que sigue permitiendo el poder saber, antes de abrir la puerta, si la cabina se encuentra o no detrás.

De lo cual vemos que en algunos casos se puede dar el apagado de la cabinas y en otros la atenuación de la misma permitiendo una bajada en el consumo.

De todo lo expuesto hasta ahora se deduce que los ascensores anteriores al del marcado CE y hasta la entrada en vigor del Real Decreto 88/2013, de 8 de febrero, no se podían apagar las luces en cabina de los ascensores, y estas tenían que estar encendidas las 24 horas del día.

Sabemos que la iluminación de la cabina supone más o menos del 10 al 20% del consumo anual de un ascensor se sabe que por la tipología y las características de estos las horas de uso de un ascensor residencial es de aproximadamente 6 horas al día todo lo más.

Por lo tanto se hace necesario el utilizar sistemas que minimicen las horas de funcionamientos de estos sistemas de iluminación.

Una de las soluciones que se utilizan son relés multifunción Fig VI.4 que en función de la maniobra, se le conectan las diferentes entradas, que hacen que actúe la iluminación, como por ejemplo la señal de apertura de puertas, la de llamada ect…. Quizás uno de los problemas que tiene este sistema es, si la cabina no tiene iluminación que admita funcionamiento intermitente. Otro de los problemas es si una persona se queda encerrada dentro de esta durante un periodo superior a la temporización, ya que la iluminación se apagará.

Fig VI.4 Relé multifunción Fuente:[31] Finder pagina web: https://www.findernet.com/es/worldwide/products/families/23/series/80

Otro sistema es el de detector de presencia Fig VI.5 que activa la iluminación mientras haya gente, uno de sus problemas que tiene este sistema es, si la cabina no tiene iluminación que admita funcionamiento intermitente y el otro es el vandalismo, pero esto se soluciona poniendo un detector radar Fig VI.6 que además detecta los movimientos de las puertas y del ascensor.

Fig VI.5 Detector de presencia. Fuente:[32] B.E.G. Página web: http://www.luxomat.com/es/

Fig VI.5.1 Detector de presencia radar. Fuente:[32] B.E.G. Página web: http://www.luxomat.com/es/

Las nuevas maniobras controlan de muy diferente manera la iluminación y pueden llegar a utilizar el pesa cargas para saber si la cabina está en uso.

Tras conseguir un sistema que encienda y apague las luces en cabina cuando no está en uso el siguiente paso es buscar un sistema eficiente o más eficiente del que existiese.

6.7 Alumbrado en cabina

En las cabinas de los ascensores nos podemos encontrar tres tipos de bombillas:

- De incandescencia
- De descarga a baja presión
- De led

6.7.1 Bombillas incandescentes

Fueron las primeras que se usaron para producir luz con corriente eléctrica. Su funcionamiento no ha cambiado mucho desde sus orígenes. Su funcionamiento es simple, se hace pasar corriente por un filamento hasta que este se calienta tanto que emite radiación en el espectro visible.

En este proceso se desprende gran cantidad de calor por radiación lo que provoca grandes pérdidas, se calcula que el 85% al 90% son perdidas caloríficas y el resto se convierte en luz.

Existen dos tipos de bombillas: las normales y las halógenas, estas últimas contienen un gas halógeno para ralentizar la degradación de filamento. Uno de sus mayores problemas es que necesita mayores temperaturas para funcionar correctamente.

6.7.2 Descarga a baja presión

Son bombillas más eficientes que las de incandescencia. Su funcionamiento consiste en establecer una corriente entre dos electrodos situados en un tuvo lleno de gas ionizado.

Para el tema que nos compete existen dos tipos de lámparas:

- Las lámparas fluorescentes compactas (LFC) son lámparas de descarga de vapor de mercurio tienen mayor eficacia que las lámparas incandescentes, tienen un mayor coste, siendo su vida útil mayor. como problemas que tienen es que el encendido y el apagado frecuente, acortan su vida útil. También les cuesta calentar y llegar al rendimiento máximo unos cuantos segundos.

- Lámparas fluorescentes lineales (LFL) son las lámparas que mas se han utilizado en los ascensores, esto es debido a su bajo consumo frente a las incandescentes (también tienen baja emisión de temperatura que en una cabina cerrada puede ser incomoda). El sistema de iluminación fluorescente primitivo necesitaba de una reactancia y de un cebador estos elementos consumen una cierta energía, en la actualidad los balastos electrónicos consumen menos y permiten encendidos mas rápidos, por otra parte los balastos electrónicos tienen menor consumo que los balastos tradicionales, alargando la vida de nuestros tubos. Uno de los problemas que tienen estas lámparas son los encendidos y apagados frecuentes que acortan su vida significativamente.

6.7.3 Iluminación led

¿Qué es un led? Es un componente optoelectrónica pasivo o de una forma mas especifica un diodo que emite luz. La palabra led viene del acrónimo ingles led light-emitting diode traducido como diodo emisor de luz.

El funcionamiento consiste en la polarización directa del led, lo cual provoca que los electrones se recoloquen en los huecos del dispositivo, liberando energía en forma de fotones. A este efecto se le llama electroluminiscencia. El color del led viene dado por la banda de energía del semiconductor o dicho de otra forma corresponde a la energía del fotón.

Ventajas de los led sobre otras fuentes de luz incandescente y fluorescente:

- Bajo consumo de energía
- Mayor tiempo de vida útil
- Menor tamaño

- Alta resistencia a las vibraciones
- Menor emisión de calor

Ventajas respecto a la fluorescencia:

- No contienen mercurio
- No crean campos electromagnéticos altos
- Reducen ruidos en las líneas eléctricas
- No les afecta el encendido intermitente tanto
- Tiempo de encendidos cortos
- Amplia variedad de colores

Por el contrario tienen una serie de desventajas nos encontramos que los led que emiten en una frecuencia alta de luz azul son dañinos para los ojos y provocan contaminación lumínica. El precio de los led es relativamente caro y se requieren disipadores de calor eficientes para el buen funcionamiento de estos.

6.7.4 Comparativas y diferencias energéticas en iluminación

Tras haber explicado un poco los diferentes tipos de iluminación vamos a poner números de por medio para poder verlo mejor.

Tabla VI.5 Eficiencia luminosa de las lamparas. Fuente: [21]

Tipo de lámpara	Eficiencia luminosa (lm/w)
Incandescente fluorescente	10-18
Incandescentes halógenas	15-20
Fluorescente compacta	35-60
Fluorescentes lineales	50-100
De led	30-150

Como se puede observar Tabla VI.5 las lámparas de led consiguen mayor eficiencia que el resto de lámparas.

Tabla VI.6 Horas de vida. Fuente: [21]

Tipo de lámpara	Vida (horas)
Incandescente fluorescente	750-2.000
Incandescentes halógenas	3.000-4.000
Fluorescente compacta	8.000-1.000
Fluorescentes lineales	20.000-30.000
De led	35.000-50.000

Como se puede apreciar Tabla VI.6 las lámparas led tienen un mayor ciclo de vida.

Pero en un ascensor es más típico hablar de otro tipo de clasificación en iluminación. Por tanto haremos una serie de comparativas entre el alumbrado típico que nos podemos encontrar en un ascensor. Tipología de iluminación que nos podemos encontrar:

- Incandescencia
- Dicroicas
- Downlight
- Tubos

En cuanto a la incandescencia típica bombilla con casquillo E27 esta prácticamente extinguida ya que aporta muchísimo calor a la cabina la vida útil es de 2.000h y el ciclo de encendidos es mayor de 8.000.

En las siguientes tablas: Tabla VI.7, Tabla VI.8 y Tabla VI.9 se ponen las lámparas y potencias más comunes que nos podemos encontrar en el mercado.

Tabla VI.7 Dicroicas. Fuente:[25]

Dicroicas	Vida en horas	Encendidos
50w a 220v	3.000	>12.000
50w a 12v	2.500	>10.000
Led 4,5 w a 220v	35.000	>50.000

En esta tabla se puede apreciar que las lámparas dicroicas consumen menos potencia y además tienen mayor ciclo de vida que las dicroicas incandescentes estándares. En la tabla no se han comparado con las dicroicas de led a 12v, ya que si queremos ahorrar verdaderamente es mejor la sustitución directa a 220v ahorrándonos las pérdidas producidas por el transformador.

Se ve que el ahorro energético por el cambio a led es de un 91%

Tabla VI.8 Downlight. Fuente:[25]

downlight	Vida en horas	Encendidos
Fluorescentes 54w	15.000h	"20.000"
Led 13w	50.000h	>100.000

Como se puede apreciar la vida del led es mayor que la del fluorescente con un ahorro del 70%en potencia. De aquí se puede sacar como conclusión que es rentable hablando en términos de potencia la sustitución al led.

Tabla VI.9 Downlight. Fuente:[25]

Tubos	Vida en horas	Encendidos
T8 18w	20.000	>x
Tl5 13w	20.000	>x
Led 8w	30.000	>200.000

Como se puede observar de nuevo las lámparas de led duran más consiguiéndose un ahorro del 56% si se compara con el tubo T8, simplemente teniendo en cuenta la potencia consumida por la lámpara. La comparativa se hace con los tubos T8 ya que los tubos Tl5 son tubos diseñados para tener un alto flujo lumínico, más destinados a oficinas que a ascensores.

Como se puede apreciar las lámparas de led consumen mucho menos que las lámparas convencionales, si sustituyésemos nuestras viejas lámparas conseguiríamos ahorros energéticos importantes y más teniendo en cuenta si el alumbrado de nuestro ascensor esta las 24 horas del día encendido.

Ahora si hiciésemos la comparación de todas las lámparas de las tablas anteriores observaríamos que las lámparas que más horas duran son las downlight y los tubos. Que teniendo en cuenta la vida media de un ascensor puede ser de unos 30 años estos nos durarían respectivamente 5 y 3 años aproximadamente, por tanto a lo largo de la vida del ascensor tendría que cambiar respectivamente seis veces las lámparas de donwlight y diez las de tubos led.

Se adjunta Tabla VI.10 con el número de veces que habría que cambiar las lámparas en un ascensor con una vida media de 30 años y las luces encendidas 24 h y lámparas led.

Tabla VI.10 Cambios requeridos por horas de vida.

Lámparas led	Vida en horas	Cambios requeridos
Dicroicas	35.000	8
Donwlight	50.000	6
Tubos	30.000	10

Como se puede apreciar las que menos veces habría que remplazar son las downlight. Pero como hemos comentado antes la normativa nos permite tener la cabina apagada cuando no está en uso.

Por tanto comparemos sus encendidos Tabla VI.11, Tabla VI.12 y Tabla VI.13

Tabla VI.11 Encendidos dicroicas. Fuente:[25]

Dicroicas	Vida en horas	Encendidos
50w a 220v	3.000	>12.000
50w a 12v	2.500	>10.000
Led 4,5 w a 220v	35.000	>50.000

Tabla VI.12 Encendidos downlight. Fuente:[25]

downlight	Vida en horas	Encendidos
Fluorescentes 54w	15.000h	"20.000"
Led 13w	50.000h	>100.000

Tabla VI.13 Encendidos Tubos. Fuente:[25]

Tubos	Vida en horas	Encendidos
T8 18w	20.000	>x
Tl5 13w	20.000	>x
Led 8w	30.000	>200.000

Como se puede apreciar en la fluorescencia tanto los datos de encendido como los de horas de vida hay que cogerlos con cuidado, ya que los datos de vida se cogen teniendo en cuenta que la lámpara va estar encendida 165minutos y 15 minutos apagada.

Los datos de encendido en las lámparas fluorescentes vienen dados por 60s encendidos 180s apagados. Bien es cierto, que hay lámparas fluorescentes compactas, que no les afectan los ciclos de encendido, pero su vida es más corta que la de su equivalente en led.

Como conclusión se ve que en los encendidos es mejor el led, pero que formato de led es mejor para el ciclo de encendidos.

En su ciclo de vida ¿cuál sería el formato de led que más encendidos al día aguanta, con funcionamiento de 24horas?

Tabla VI.14 Ciclos de apagados por día aproximados.

Lámparas led	Vida en horas	Años de duración	Ciclos encendidos/día año
Dicroicas	35.000	4	34
Donwlight	50.000	5	48
Tubos	30.000	3	160

Viendo esta Tabla VI.14 se aprecia que los tubos de led son los que más encendidos al día aguantan.

Ahora supongamos un edificio residencial de los que nos podemos encontrar en España donde el ciclo de uso es de unas 6 horas diarias Tabla VI.15.

Tabla VI.15 ciclos de apagados para un uso de 6h.

Lámparas led	Años de duración aprox	Ciclos/día años de duración aprox	Tiempo apagados
Dicroicas	15	8	14minutos
Donwlight	22	12	10minutos
Tubos	13	40	3minutos

La más eficiente son los tubos led como se puede apreciar, ya que aguantan más ciclos de encendido, no siendo necesaria una temporización alta antes del apagado de este.

6.8 Estudio lumínico de un ascensor

A continuación se detalla un estudio de iluminación mediante simulación de un ascensor para seis personas y de altura dos metros. Para ello se ha escogido dos luminarias una de ellas un tubo led de 600m y la otra luminaria una lámpara dicroica, las dos lámparas colocadas en el centro del techo de cabina. Comentar también que en ninguna de las paredes se ha contemplado ningún espejo y las paredes se han considerado de color blanco (con un cierto reflejo de luz).

6.8.1 Proyecto 1

En el proyecto 1 estudiaremos el ascensor con un tubo de led de 600mm Fig VI.6 y Fig VI.7 de las siguientes características:

1 Pieza PHILIPS
N° de artículos: 1
Flujo luminoso (Luminaria): 750 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 750 lm
Potencia de las luminarias: 9.9 W
Clasificación luminarias según CIE: 85
Código CIE Flux: 37 66 86 85 100
Lámpara: 1 x 9290002979 (Factor de corrección 1.000).

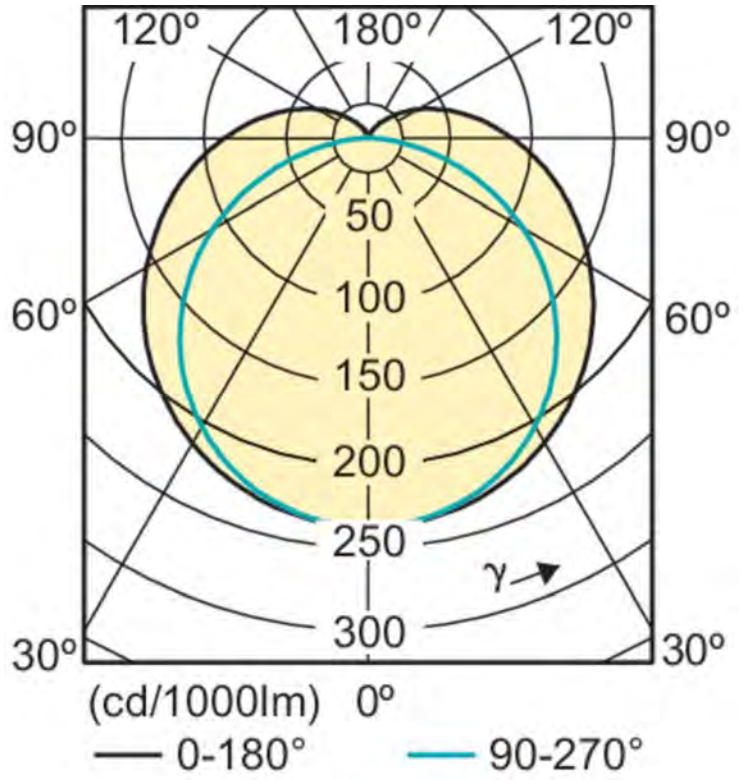


Fig VI.6 Curva fotométrica. Fuente :[33] Philips Lighthing Página web: http://www.lighting.philips.es/prof

Fig VI.7 Tubo led. Fuente :[33] Philips Lighthing Página web: http://www.lighting.philips.es/prof

Datos de simulación:

Clasificación luminarias según CIE: 85 Código CIE Flux: 37 66 86 85 100

PHILIPS / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1 Fig VI.8

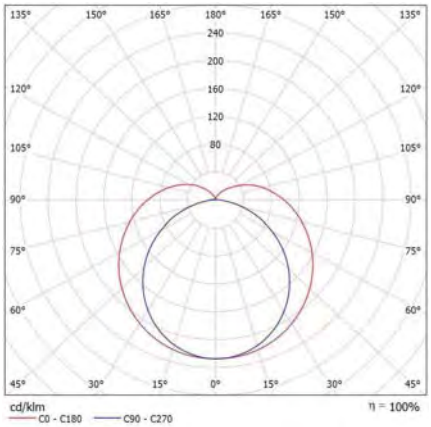


Fig VI.8 Curva Fotométrica. Fuente :[33]

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Resumen de valores obtenidos Fig VI.8 y Tabla VI.16.

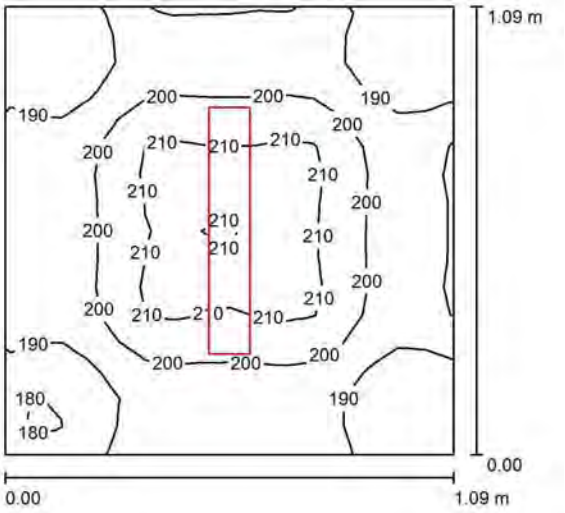


Fig VI.8 Isolíneas resumen proyecto 1

Tabla VI.16 Resultados resumen proyecto 1

Altura del local: 2.000 m, Altura de montaje: 2.000 m, Factor					Valores en Lux, Escala 1:14	
mantenimiento: 0.80						
Superficie		ρ [%]	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em
Plano útil		/	197	171	216	0.865
Suelo		20	197	171	216	0.866
Techo		70	334	237	1374	0.710
Paredes (4)		87	260	108	497	/
Plano útil:						
Altura:		0.000 m				
Trama:		16 x 16 Puntos				
Zona marginal:		0.000 m				
Lista de piezas - Luminarias						
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)		Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS (1.000)		750	750	9.9
				Total: 750	Total: 750	9.9

Valor de eficiencia energética: 8.33 W/m² = 4.22 W/m²/100 lx (Base: 1.19 m²)

Estudio para un plano útil de metro y medio respecto al suelo (zona de botoneras) Tabla VI.17

Tabla VI.17 Tabla para un plano útil de 1,5 respecto al suelo

Flujo luminoso total:	750 lm				
Potencia total:	9.9 W				
Factor mantenimiento:	0.80				
Zona marginal:	0.000 m				
Superficie	Intensidades lumínicas medias			Grado de reflexión	Densidad lumínica media
		[lx]		[%]	[cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	33	165	197	/	/
RESULTADOS H=1,5m	240	292	532	/	/
Suelo	33	165	197	20	13
Techo	63	271	334	70	74
Pared 1	47	205	252	86	69
Pared 2	65	202	267	90	76
Pared 3	48	206	254	86	69
Pared 4	64	204	269	86	74

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m: 0.865 (1:1)

E_{min} / E_{max}: 0.792 (1:1)

Valor de eficiencia energética: 8.33 W/m² = 4.22 W/m²/100 lx (Base: 1.19 m²)

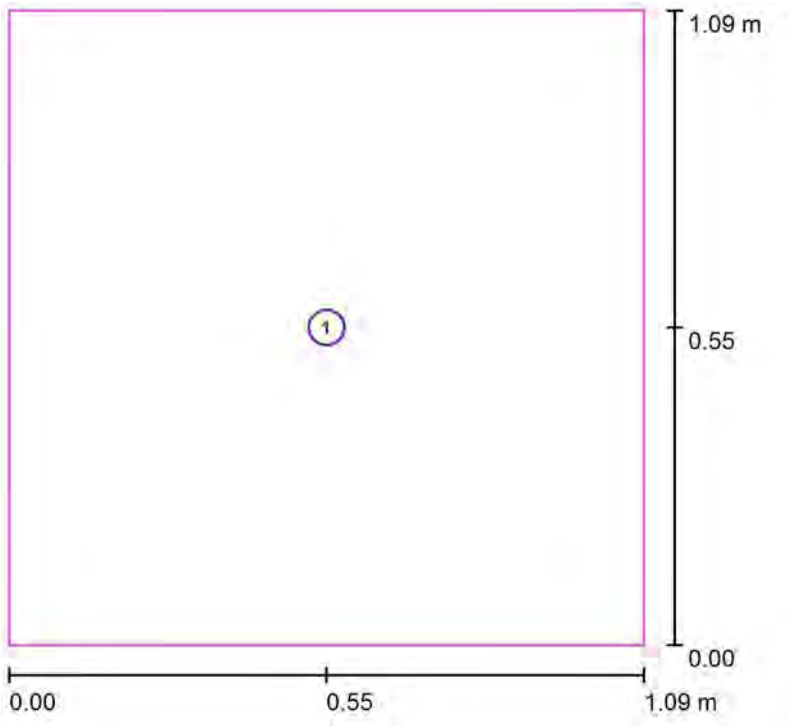


Fig VI.9 Superficie de cálculo

Adjuntamos tabla de la superficie de cálculo Tabla VI.18

Tabla VI.18 Lista de la superficie de cálculo.

Lista de superficies de cálculo								
Nº	Designación	Tipo	Trama	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min}/E_m	E_{min}/E_{max}
				[lx]	[lx]	[lx]		
1	RESULTADOS H=1,5m	perpendicular	32 x 32	532	314	953	0.590	0.329

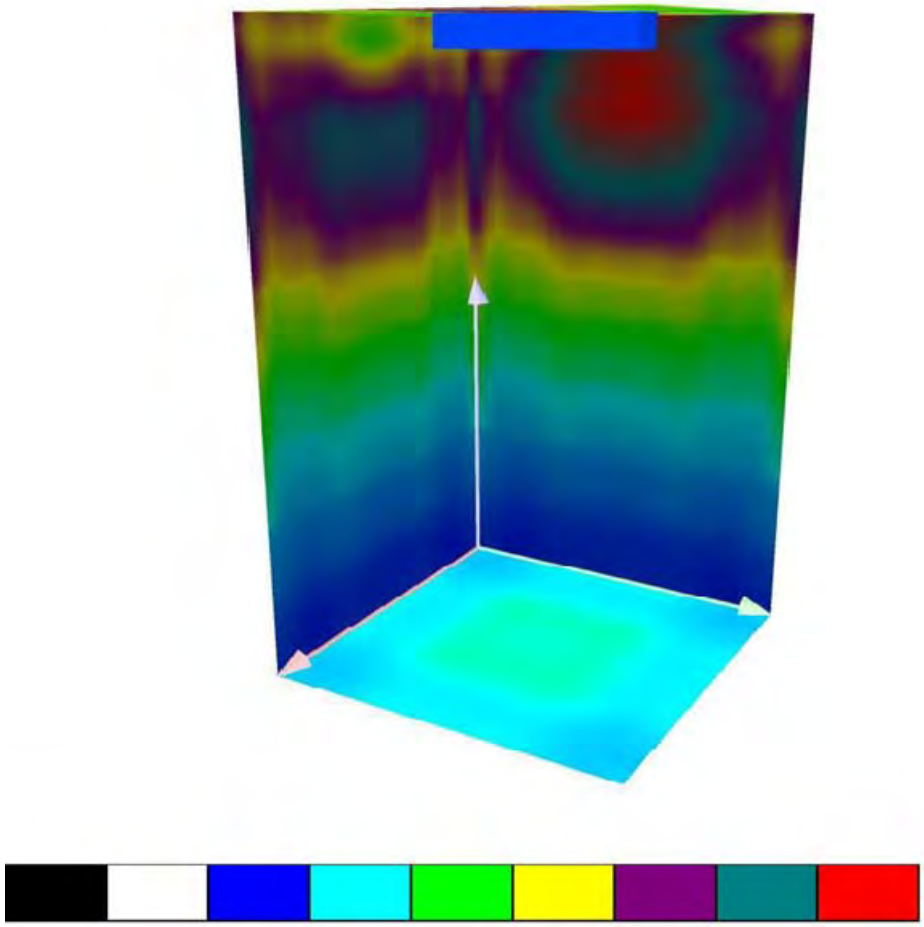


Fig VI.10 Procesado de colores

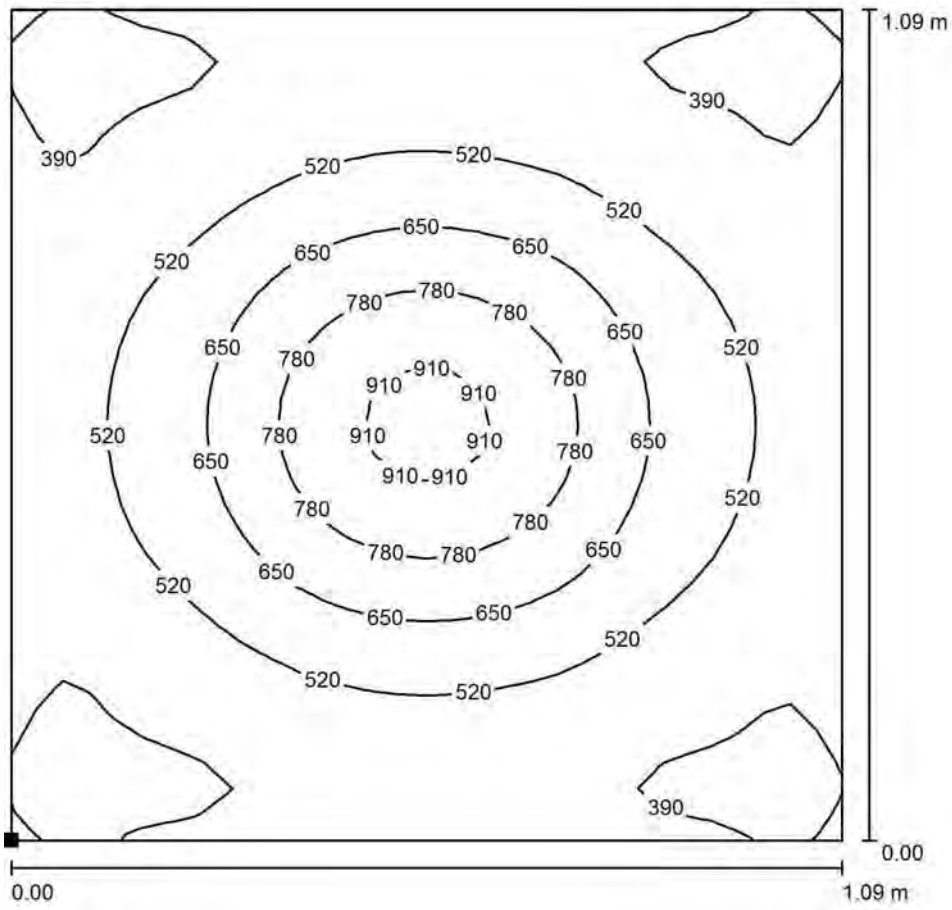


Fig VI.11 Isolíneas a 1,5 m de altura.

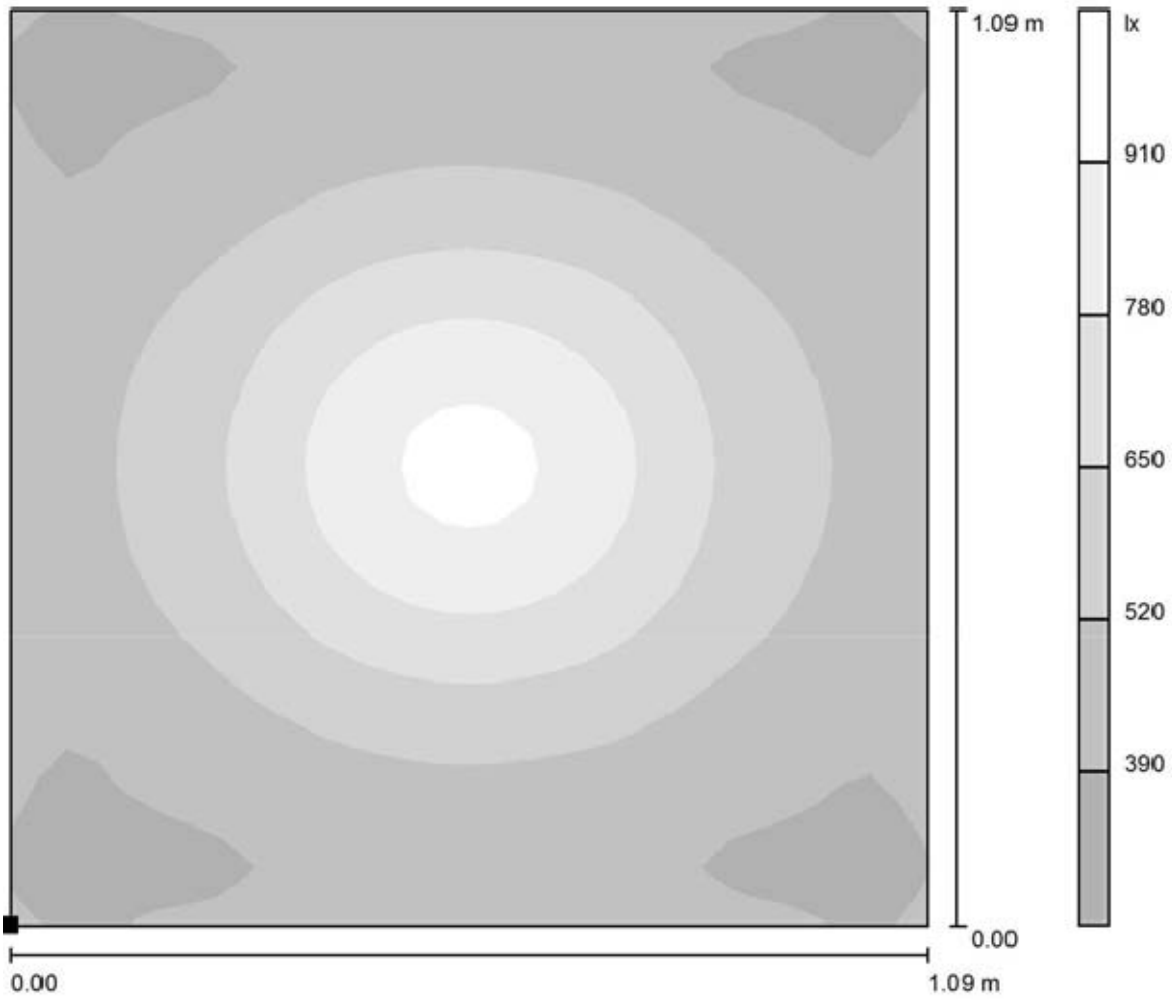


Fig VI.12 Escala de grises a 1,5 m de altura

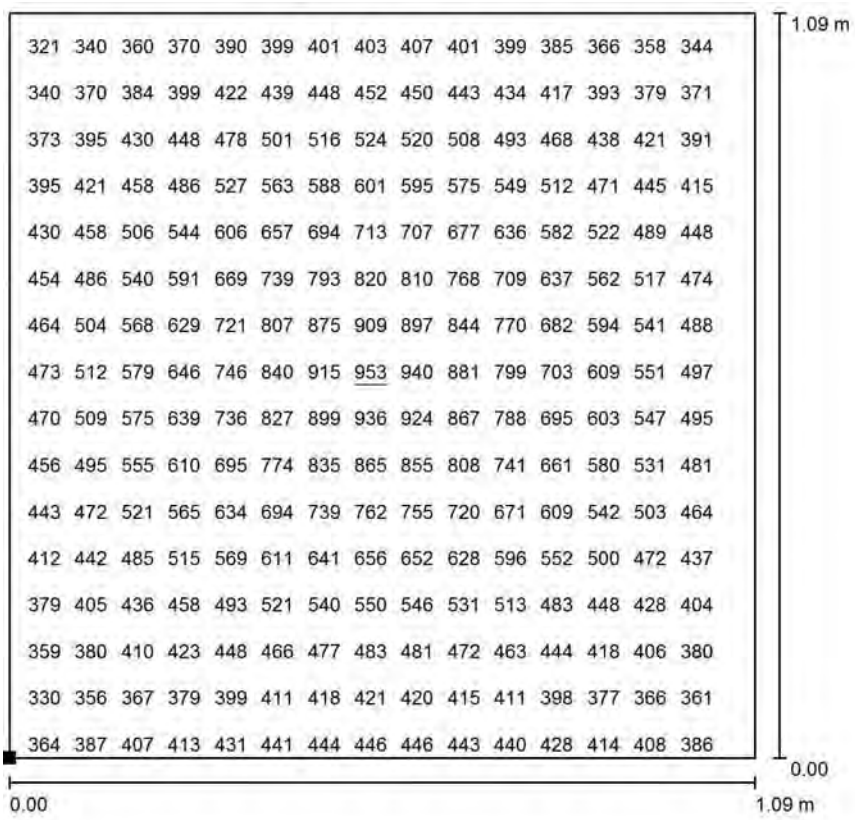


Fig VI.13 Escala de valores a 1,5 m de altura

La trama es de 32x32. Veamos la tabla resumen Tabla VI.19

Tabla VI.19 tabla resumen a 1,5 m de altura

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
532	314	953	0.590	0.329

Tras a ver visto los luxes a un metro y medio de altura estudiemos a ver que pasa a cota cero o lo que es lo mismo a la altura del suelo.

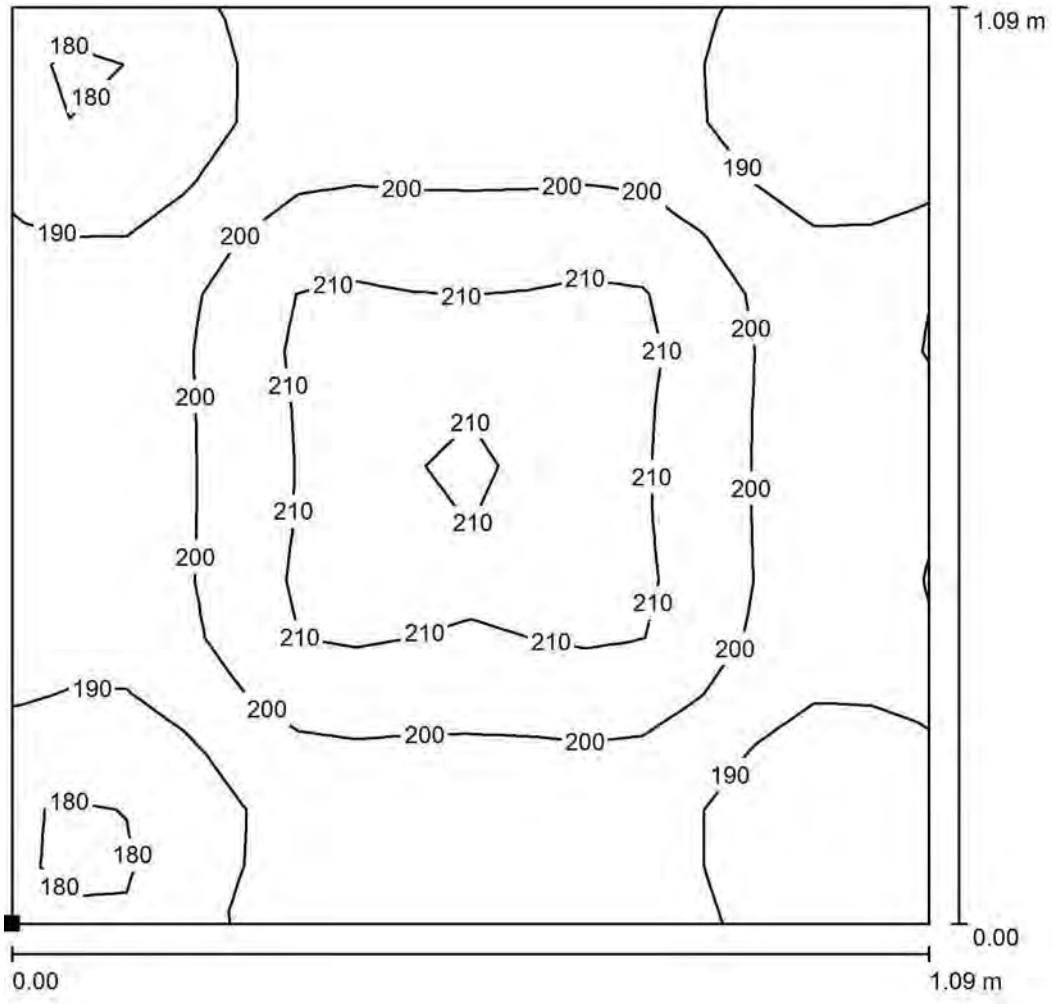


Fig VI.14 Isolíneas a nivel de suelo

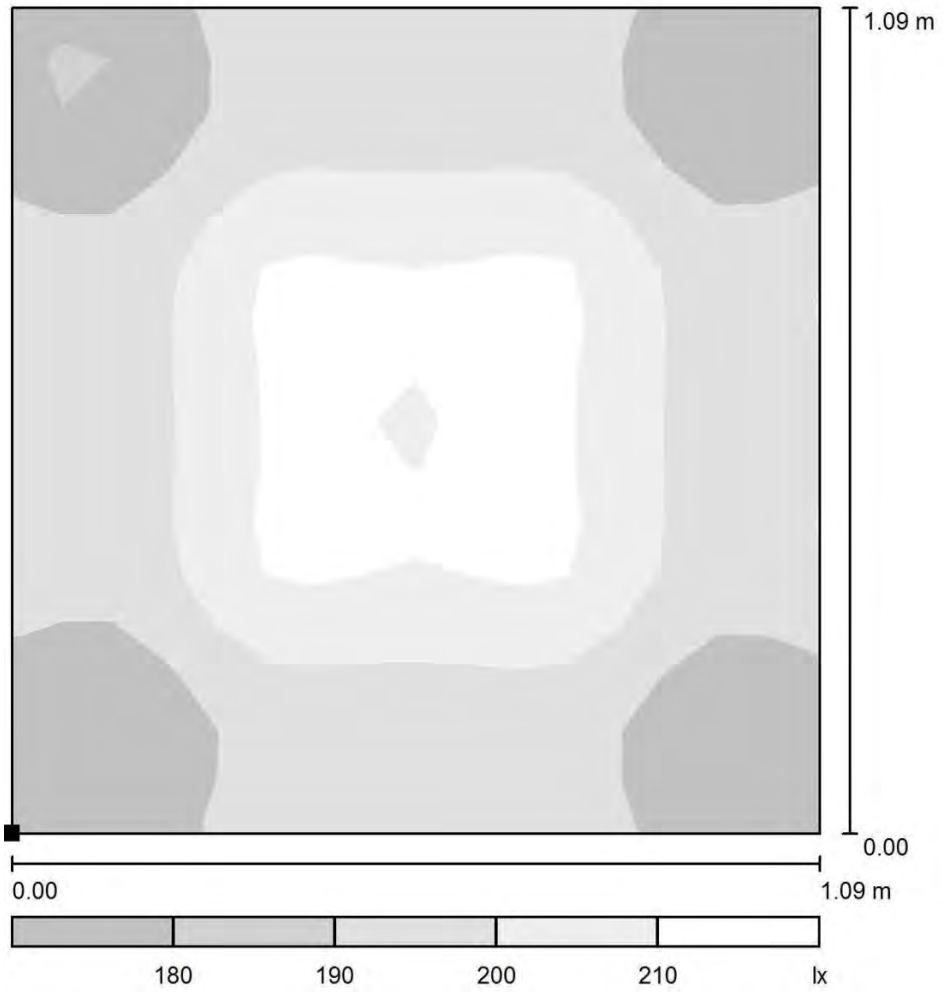


Fig VI.15 Escala de grises a nivel del suelo.

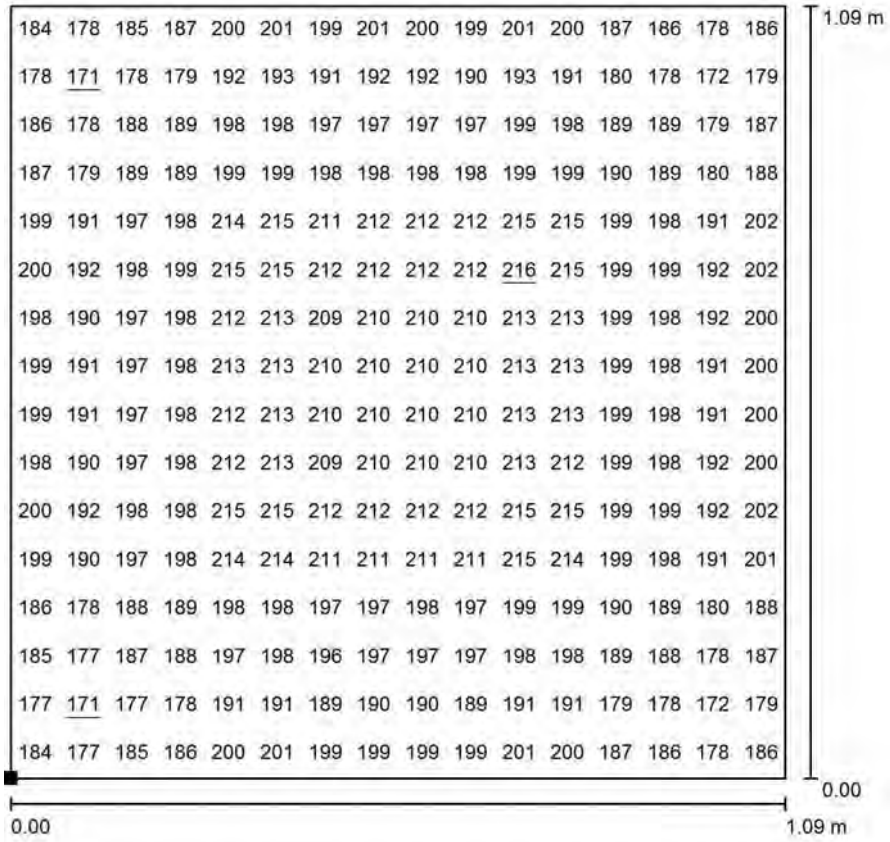


Fig VI.17 Escala de valores a nivel del suelo.

La trama en este caso es de trama de 16x16. Veamos la tabla resumen Tabla VI.20

Tabla VI.20 Tabla resumen a nivel de suelo un tubo led

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
197	171	216	0.866	0.793

Valores obtenidos en una de las paredes

Fig VI.18 Pared 1.

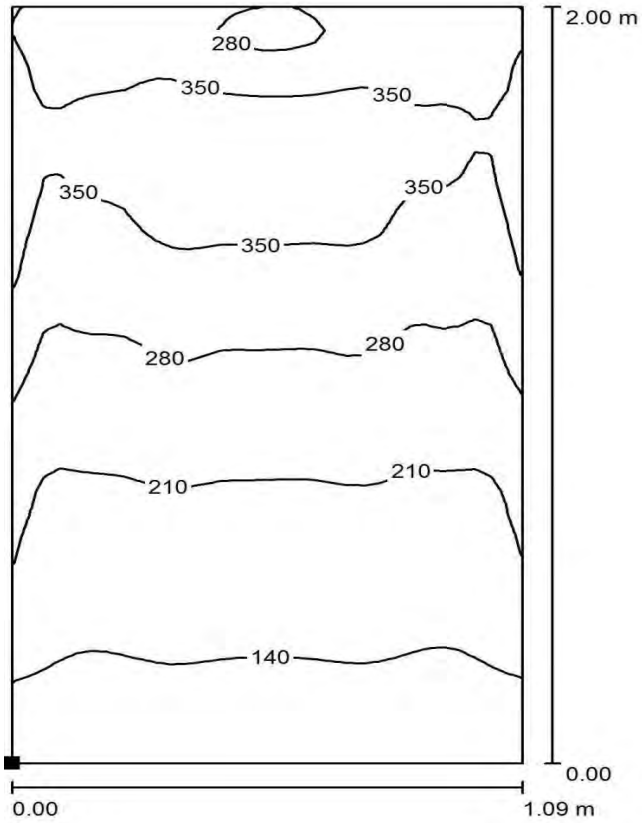


Fig VI.19 Isolíneas en la pared 1 tubo de led

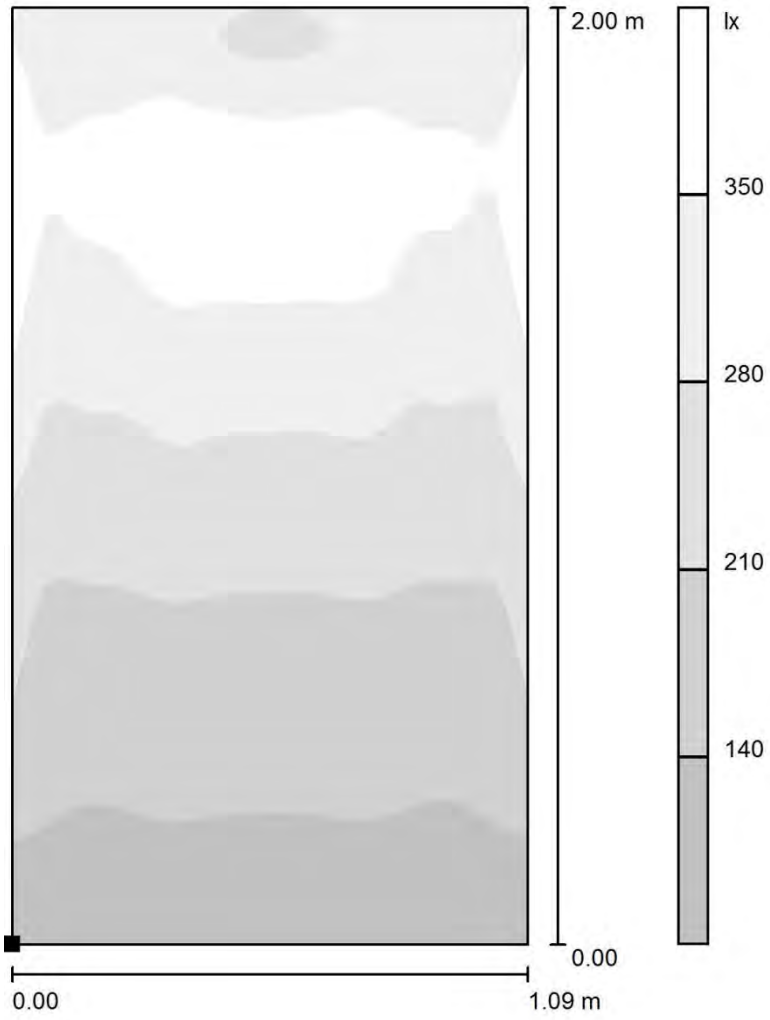


Fig VI.20 Escala de grises en la pared 1 tubo de led

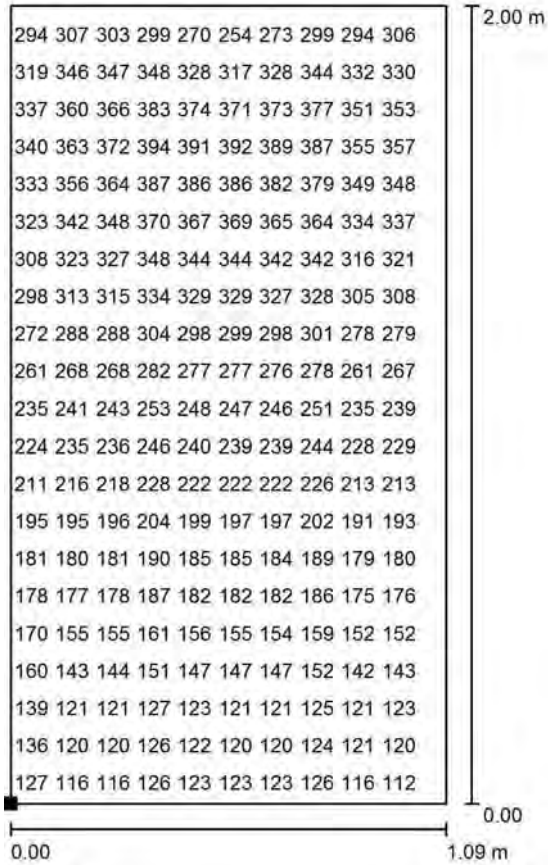


Fig VI.21 Escala de valores en la pared 1 tubo de led

La trama en este caso es de 32x64. Veamos la tabla resumen en la pared 1 Tabla VI.21.

Tabla VI.21 Resumen pared 1 tubo de led

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
252	109	411	0.431	0.264

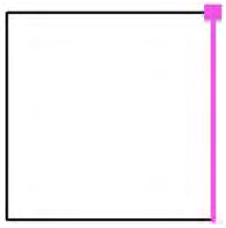


Fig VI.22 Pared 2 tubo de led

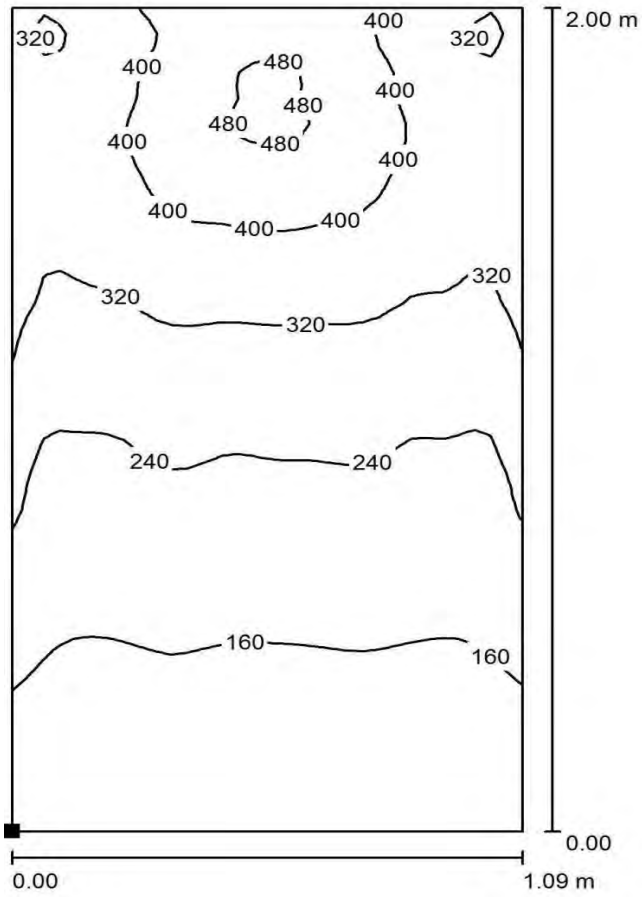


Fig VI.23 Isolíneas pared 2 tubo de led

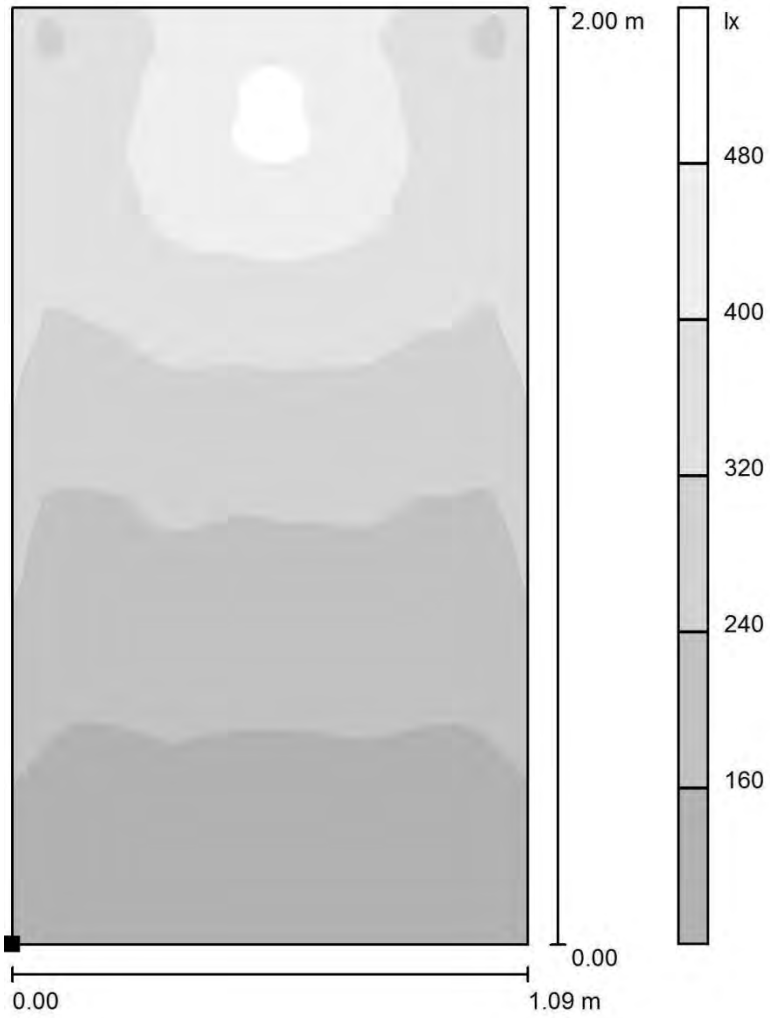


Fig VI.24 Escala de grises pared 2 tubo de led

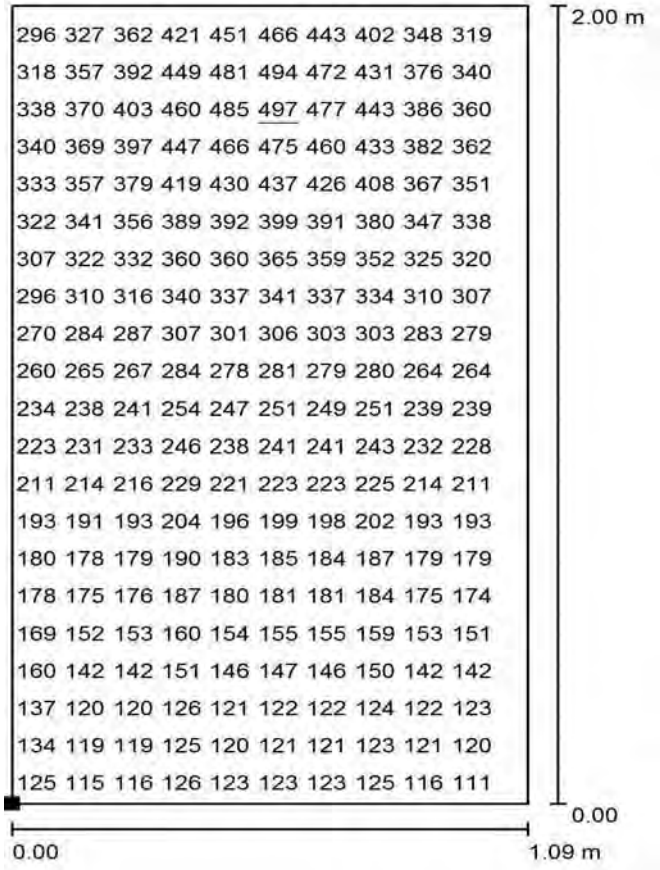


Fig VI.25 Escala de valores pared 2 tubo de led

La trama es de 32x64 puntos. Veamos la tabla resumen en la pared 2

Tabla VI.22 Resumen pared 2 tubo de led

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
267	108	497	0.406	0.218

El resto de paredes no es necesario poner ya que los valores son similares a las paredes expuestas.

6.8.2 Proyecto 2

En este apartado estudiaremos la iluminación del ascensor con una luminaria dicroica con las siguientes características Fig VI.26:

PHILIPS BBG463 1xLED-40--4200-GU10
N° de artículo: 1
Flujo luminoso (Luminaria): 290 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 290 lm
Potencia de las luminarias: 6.8 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 94 98 100 100 100
Lámpara: 1 x LED-40--4200-GU10 (Factor de corrección 1.000)
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 94 98 100 100 100

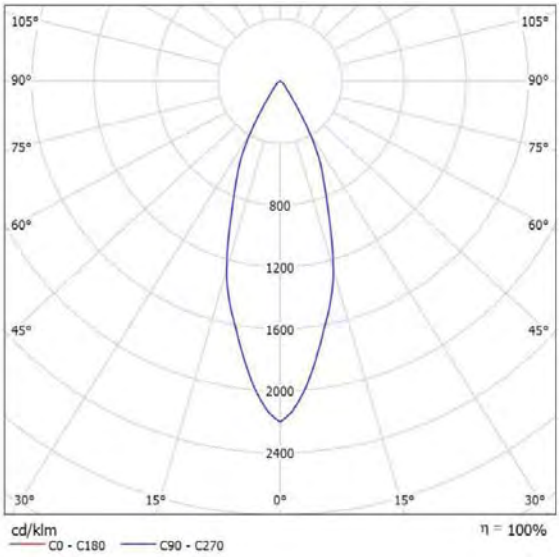


Fig VI.26 Dicroica y Curva Fotométrica. Fuente :[33]

Zadora LED orientable – libertad para crear Zadora LED es una gama de downlights orientables empotrados para lámparas MASTER LED. Vienen en versiones KIT listas para instalar e incluyen la lámpara MASTER LED. MASTER LED ofrece un enorme ahorro de energía y reduce el coste de mantenimiento sin afectar al brillo, lo que permite al usuario final amortizar rápidamente su inversión. La versión orientable ofrece una orientación de 30º desde la vertical.

Tabla VI.23 Valores de deslumbramiento. Fuente :[33]

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X	Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	14.3	15.0	14.6	15.2	15.4	14.3	15.0	14.6	15.2	15.4
	3H	14.8	15.5	15.1	15.7	16.0	14.8	15.5	15.1	15.7	16.0
	4H	15.0	15.7	15.3	15.9	16.2	15.0	15.7	15.3	15.9	16.2
	6H	15.1	15.7	15.5	16.0	16.3	15.1	15.7	15.5	16.0	16.3
	8H	15.1	15.7	15.5	16.0	16.3	15.1	15.7	15.5	16.0	16.3
	12H	15.1	15.6	15.4	15.9	16.2	15.1	15.6	15.4	15.9	16.2
4H	2H	14.5	15.1	14.8	15.3	15.6	14.5	15.1	14.8	15.3	15.6
	3H	15.2	15.7	15.5	16.0	16.3	15.2	15.7	15.5	16.0	16.3
	4H	15.5	15.9	15.8	16.2	16.6	15.5	15.9	15.8	16.2	16.6
	6H	15.6	16.0	16.0	16.4	16.7	15.6	16.0	16.0	16.4	16.7
	8H	15.6	16.0	16.1	16.3	16.7	15.6	16.0	16.1	16.3	16.7
	12H	15.6	15.9	16.0	16.3	16.7	15.6	15.9	16.0	16.3	16.7
8H	4H	15.5	15.9	16.0	16.3	16.7	15.5	15.9	16.0	16.3	16.7
	6H	15.8	16.0	16.2	16.4	16.9	15.8	16.0	16.2	16.4	16.9
	8H	15.8	16.0	16.2	16.4	16.9	15.8	16.0	16.2	16.4	16.9
	12H	15.7	15.9	16.2	16.4	16.8	15.7	15.9	16.2	16.4	16.8
12H	4H	15.5	15.8	16.0	16.2	16.6	15.5	15.8	16.0	16.2	16.6
	6H	15.7	15.9	16.2	16.4	16.9	15.7	15.9	16.2	16.4	16.9
	8H	15.7	15.9	16.2	16.4	16.9	15.7	15.9	16.2	16.4	16.9
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+2.9 / -1.5					+2.9 / -1.5				
S = 1.5H		+5.0 / -1.9					+5.0 / -1.9				
S = 2.0H		+6.8 / -2.4					+6.8 / -2.4				
Tabla estándar		BK02					BK02				
Sumando de corrección		-2.4					-2.4				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2000lm Flujo luminoso total											

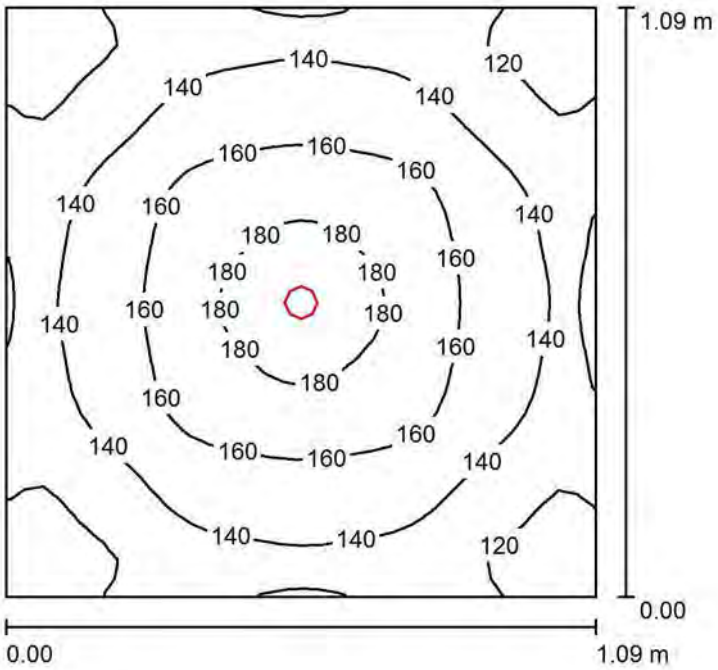


Fig VI.27 Resumen de Isolíneas dicroica

Tabla VI.24 Tabla resumen con dicroica

Altura del local: 2.000 m, Altura de montaje: 2.000 m, Factor						Valores en Lux, Escala 1:14	
mantenimiento: 0.80							
Superficie		ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]		E_{min} / E_m
Plano útil		/	145	99	190		0.680
Suelo		20	145	100	190		0.687
Techo		70	48	41	54		0.860
Paredes (4)		87	68	37	98		/
Plano útil:							
Altura:		0.000 m					
Trama:		32 x 32 Puntos					
Zona marginal:		0.000 m					
Lista de piezas - Luminarias							
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)		Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]		P [W]
1	1	PHILIPS BBG463 1xLED-40--4200-GU10 (1.000)		290		290	6.8
				Total: 290	Total:	290	6.8

Valor de eficiencia energética: 5.72 W/m² = 3.93 W/m²/100 lx (Base: 1.19 m²)

Tabla VI.25 Resultados luminicos a 1,5m con iluminación dicroica de led.

Flujo luminoso total:	290 lm				
Potencia total:	6.8 W				
Factor mantenimiento:	0.80				
Zona marginal:	0.000 m				
Superficie	Intensidades lumínicas medias			Grado de reflexión	Densidad lumínica media
		[lx]		[%]	[cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	85	61	145	/	/
RESULTADOS H=1,5m	188	39	227	/	/
Suelo	85	61	145	20	9.26
Techo	0.00	48	48	70	11
Pared 1	15	53	68	86	19
Pared 2	15	52	67	90	19
Pared 3	15	53	68	86	19
Pared 4	15	53	68	86	19

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m: 0.680 (1:1)

E_{min} / E_{max}: 0.519 (1:2)

Valor de eficiencia energética: 5.72 W/m² = 3.93 W/m²/100 lx (Base: 1.19 m²)

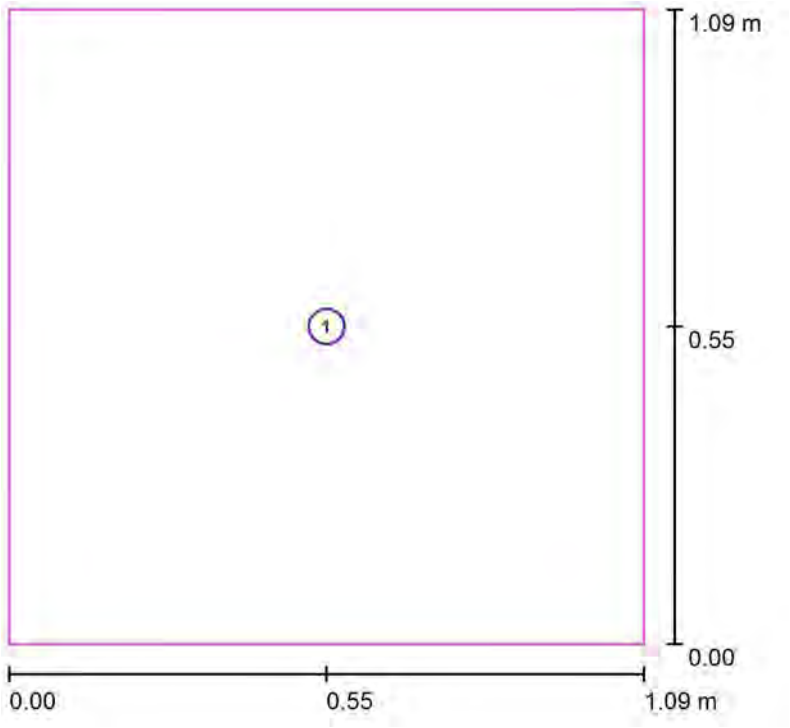


Fig VI.28 superficie de cálculo dicroica.

Adjuntamos tabla de la superficie de cálculo Tabla VI.26.

Tabla VI.26 Listado superficie de cálculo con dicroica.

Lista de superficies de cálculo								
N°	Designación	Tipo	Trama	E_m	E_{min}	E_{max}	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
				[lx]	[lx]	[lx]		
1	RESULTADOS H=1,5m	perpendicular	32 x 32	227	41	2181	0.181	0.019

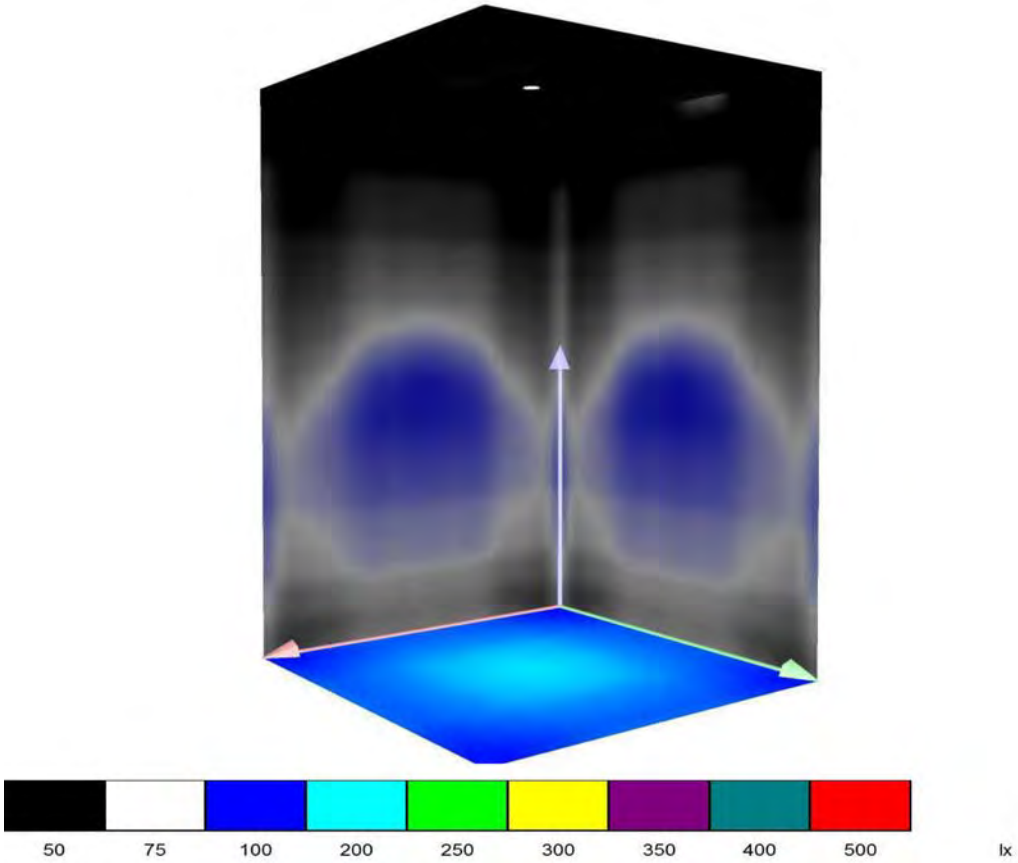


Fig VI.29 Escala de colores con iluminación dicroica.

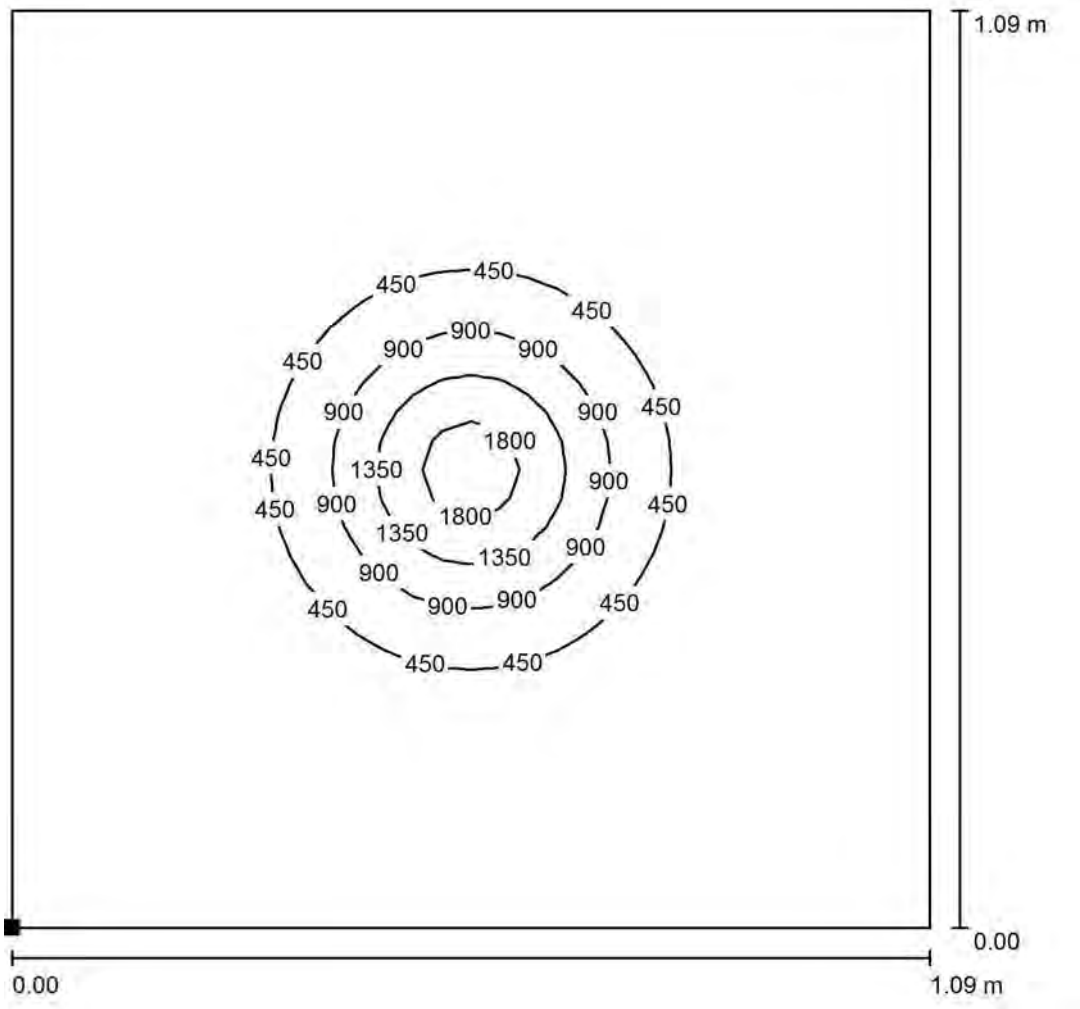


Fig VI.30 Isolíneas a 1,5m de altura con dicroica.

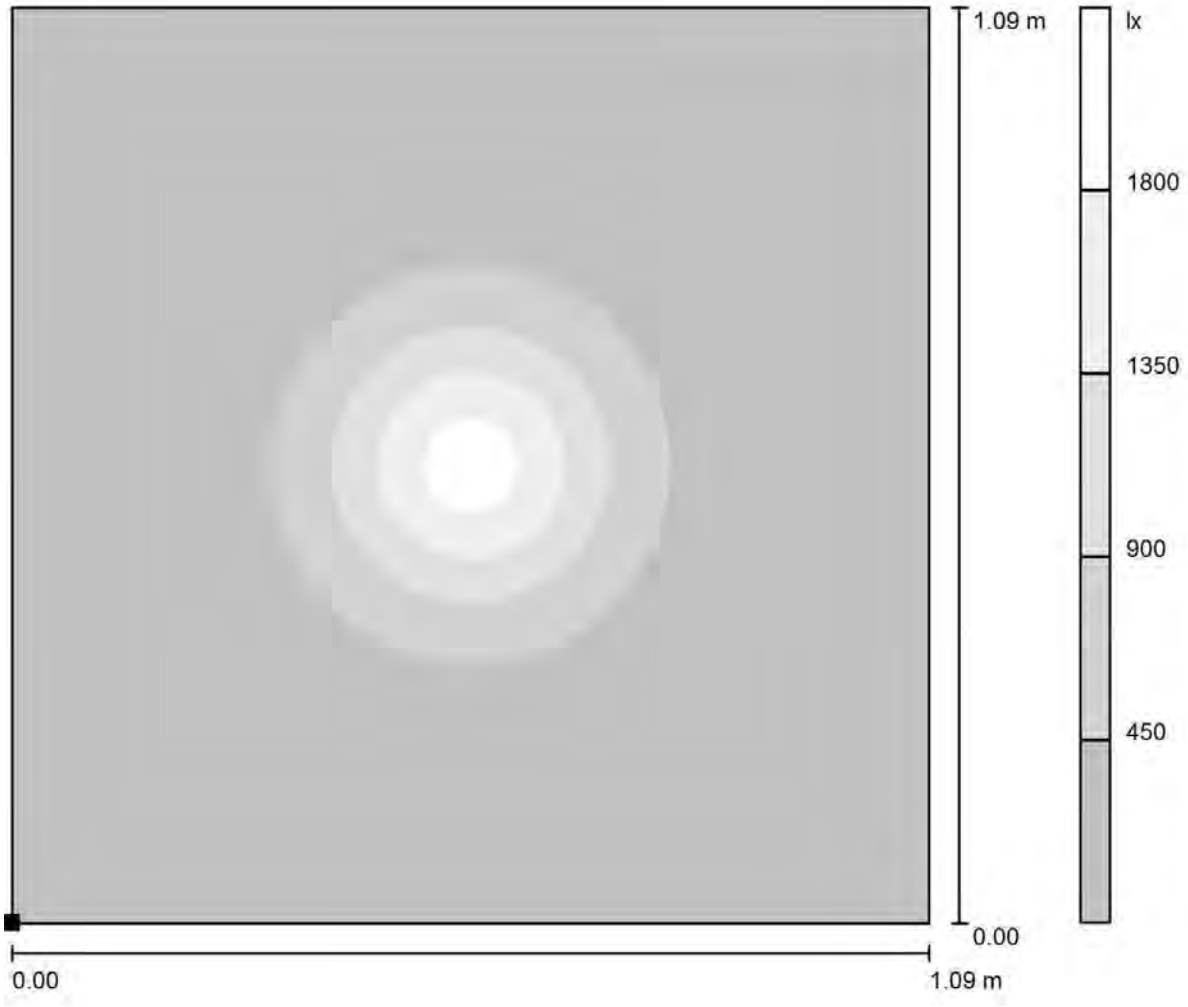
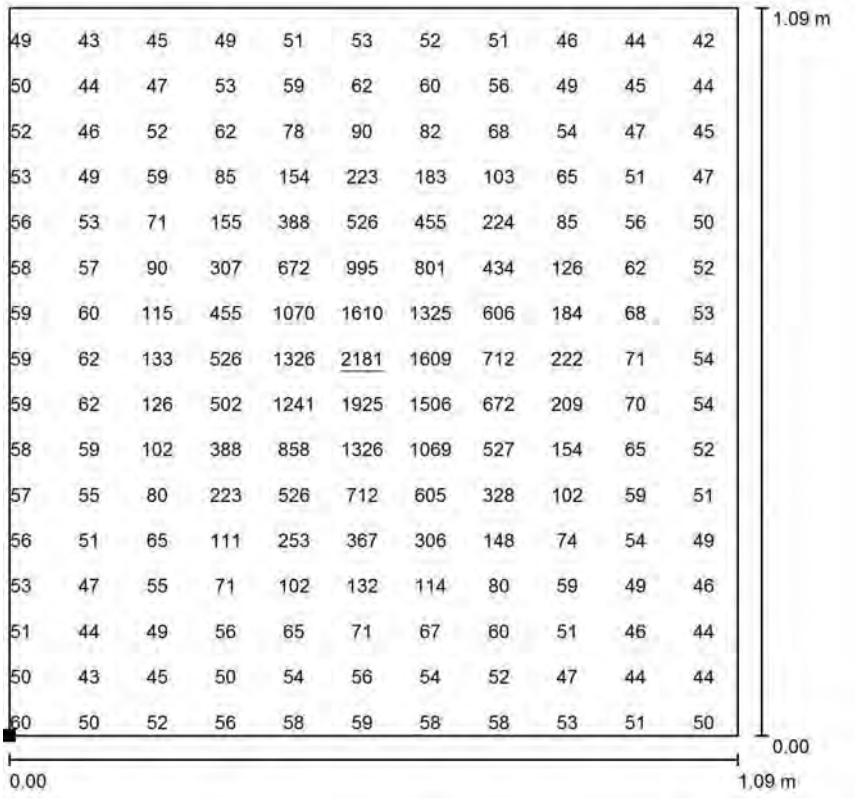


Fig VI.31 Escala de grises a 1,5m de altura con dicroica.



49	43	45	49	51	53	52	51	46	44	42
50	44	47	53	59	62	60	56	49	45	44
52	46	52	62	78	90	82	68	54	47	45
53	49	59	85	154	223	183	103	65	51	47
56	53	71	155	388	526	455	224	85	56	50
58	57	90	307	672	995	801	434	126	62	52
59	60	115	455	1070	1610	1325	606	184	68	53
59	62	133	526	1326	2181	1609	712	222	71	54
59	62	126	502	1241	1925	1506	672	209	70	54
58	59	102	388	858	1326	1069	527	154	65	52
57	55	80	223	526	712	605	328	102	59	51
56	51	65	111	253	367	306	148	74	54	49
53	47	55	71	102	132	114	80	59	49	46
51	44	49	56	65	71	67	60	51	46	44
50	43	45	50	54	56	54	52	47	44	44
50	50	52	56	58	59	58	58	53	51	50

Fig VI.32 Escala de valores a 1,5m de altura con dicroica.

En la Tabla VI.27 encontramos un resumen a 1,5 m de los valores de iluminación

Tabla VI.27 Valores de iluminación a un 1,5 m de altura

Trama: 32 x 32 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
227	41	2181	0.181	0.019

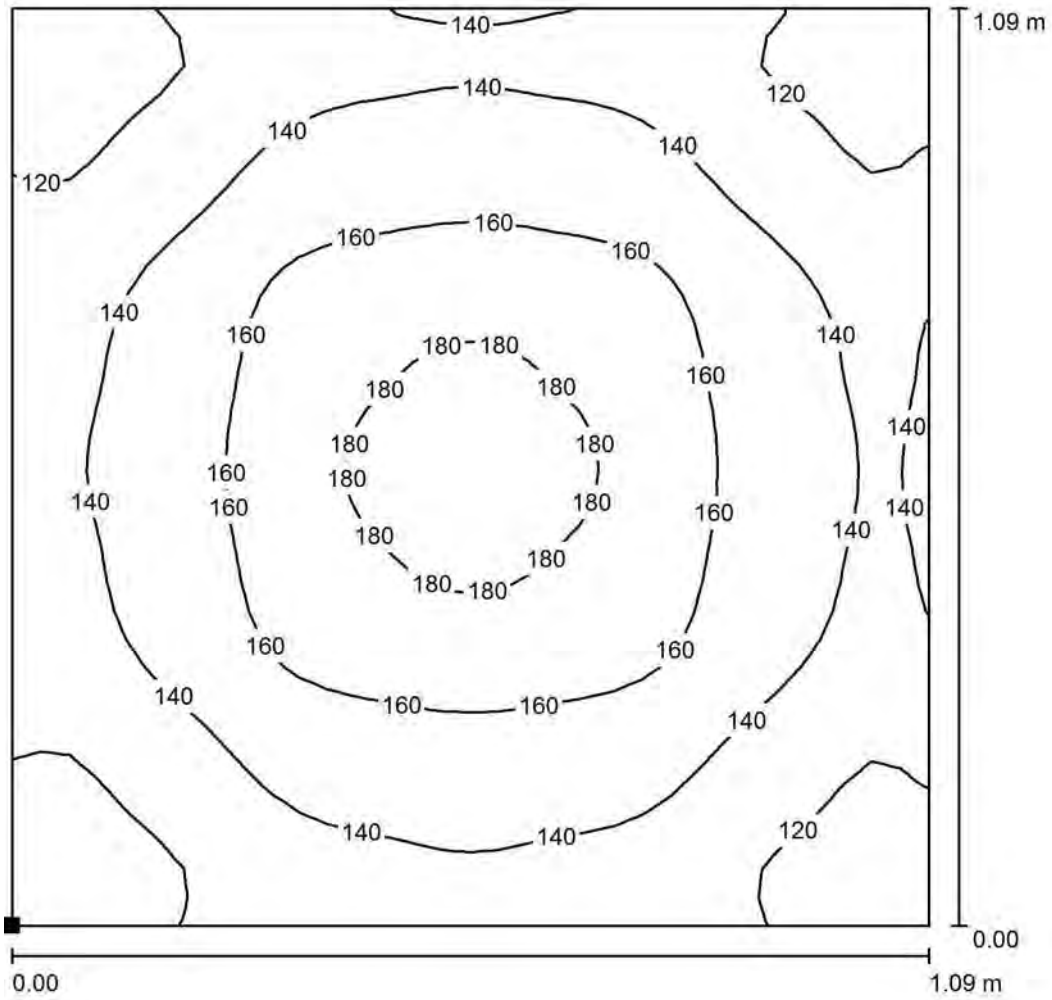


Fig VI.33 Isolíneas a nivel del suelo con dicroica

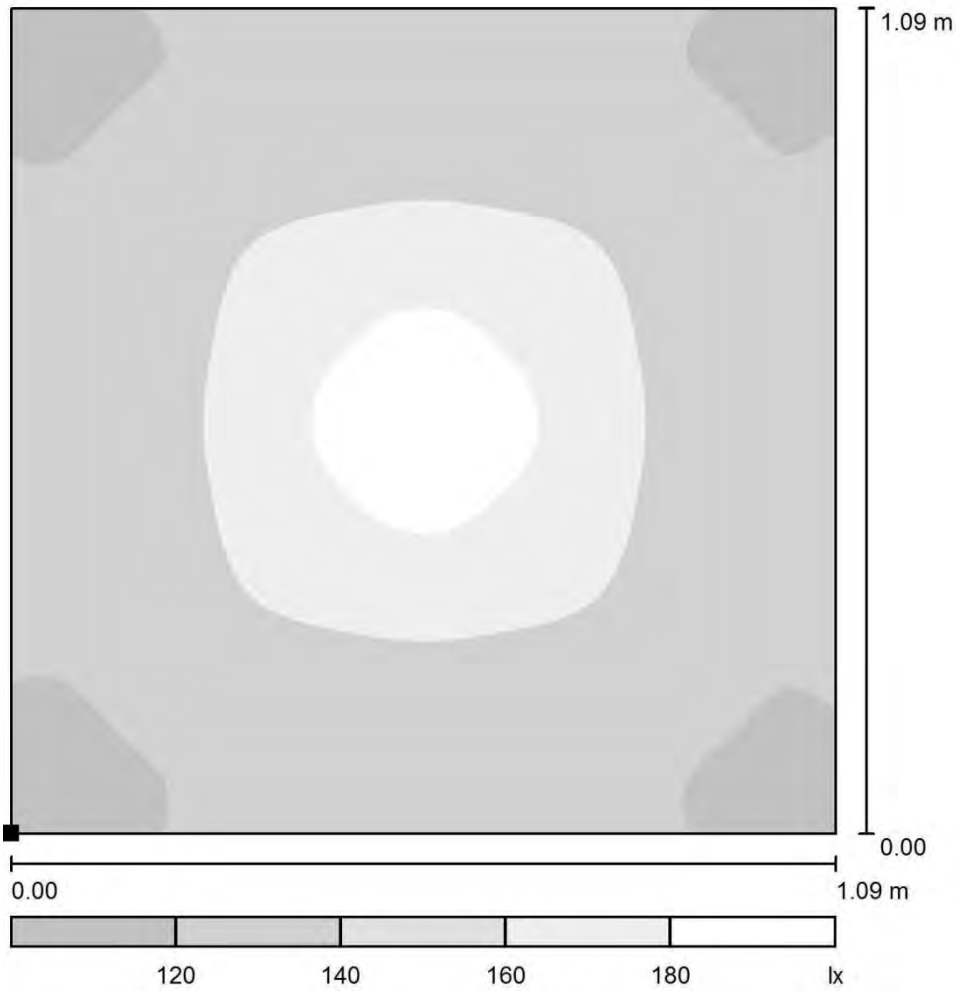


Fig VI.34 Escala de grises a nivel del suelo con dicroica

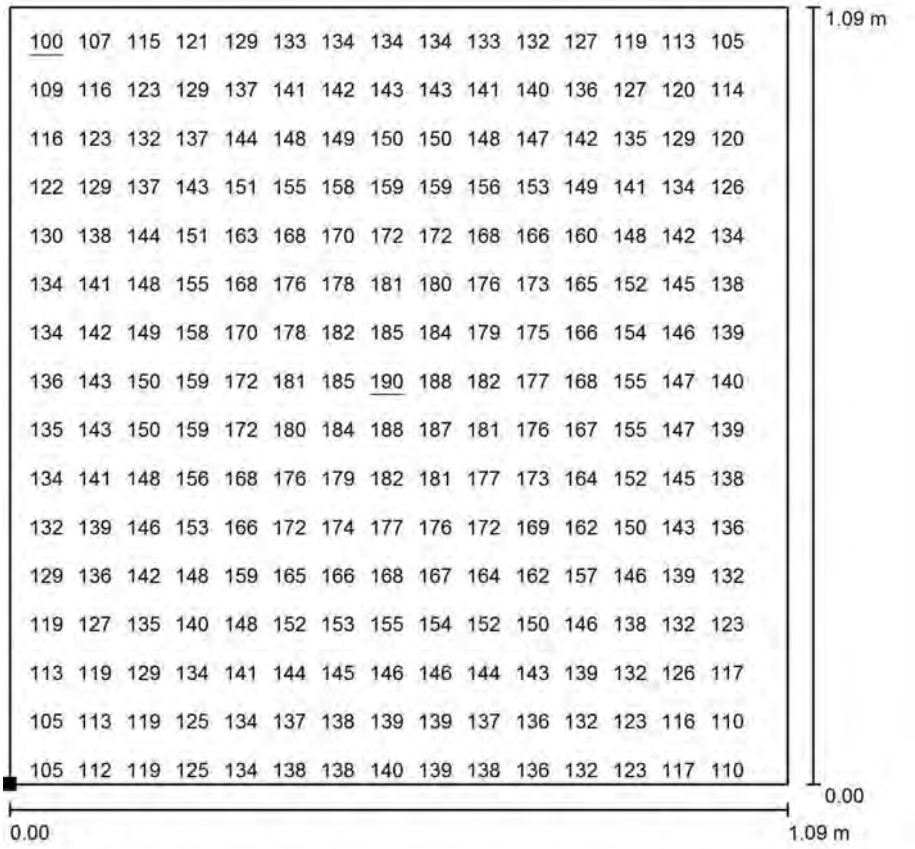


Fig VI.35 Escala de valores a nivel del suelo con dicroica.

En la Tabla VI.28 en contramos un resumen de los resultados a nivel de suelo.

Tabla VI.28 Resultados con dicroica a nivel de suelo.

Trama: 32 x 32 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
145	100	190	0.687	0.526

Fig VI.36 Pared 1 para dicroica

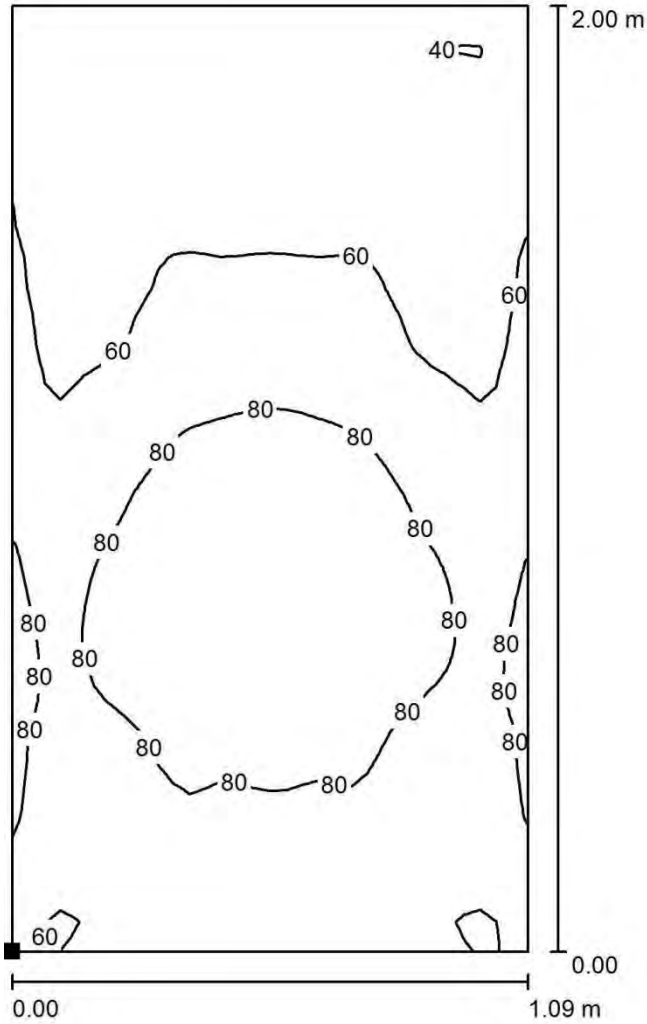


Fig VI.37 Isolíneas pared 1 con dicroica.

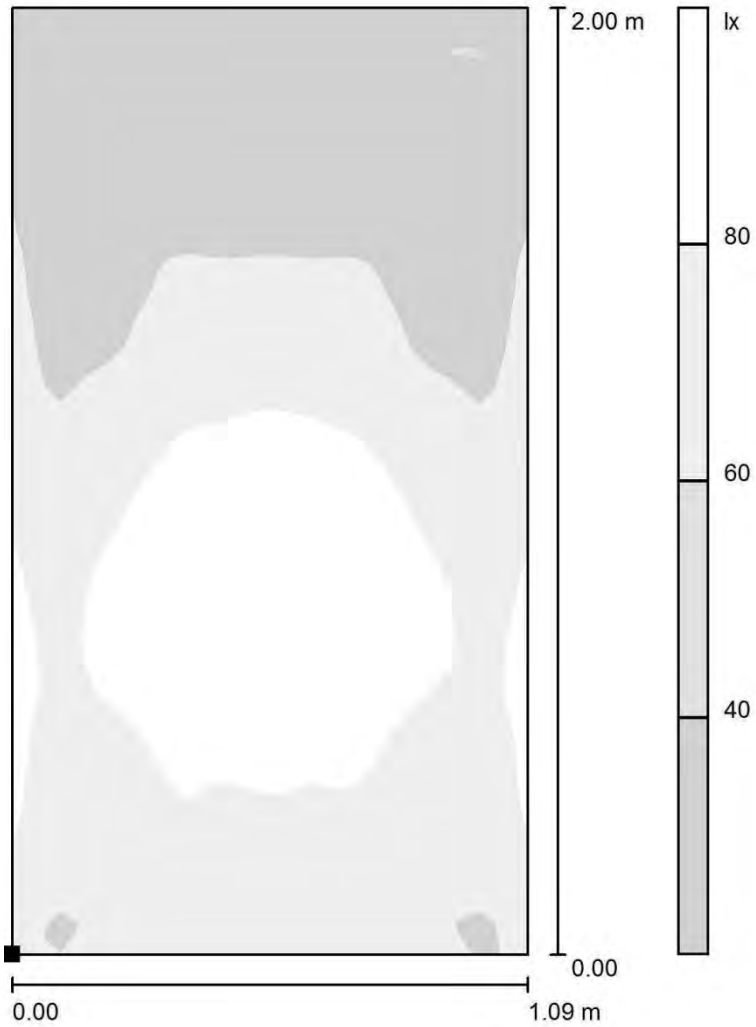


Fig VI.38 Escala de grises pared 1 con dicroica.

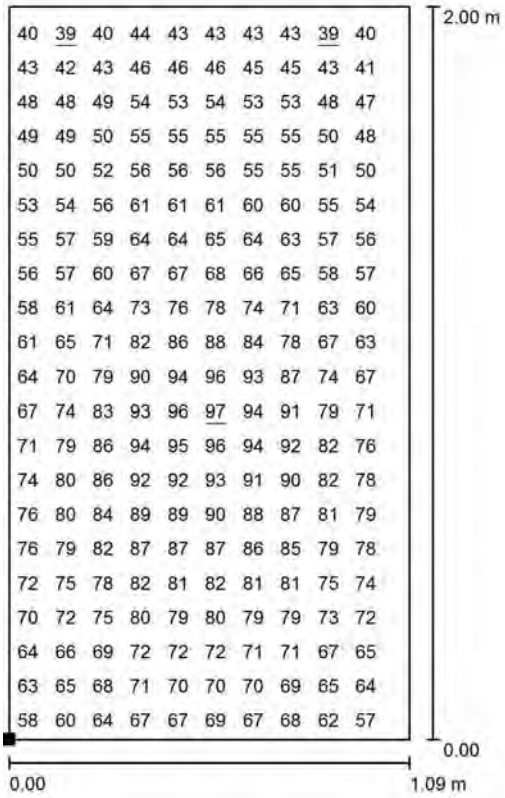


Fig VI.38 Escala de valores pared 1 con dicroica.

En la Tabla VI.29 en contramos un resumen de los resultados en la pared 1

Tabla VI.29 Resultados en la pared 1

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
68	39	97	0.575	0.401

Isolíneas en pared 2 perpendicular a la anterior Fig VI.39 y Fig VI.40

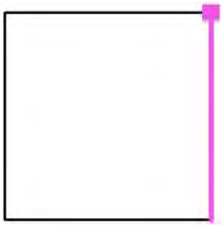


Fig VI.39 Pared 2 con dicroica

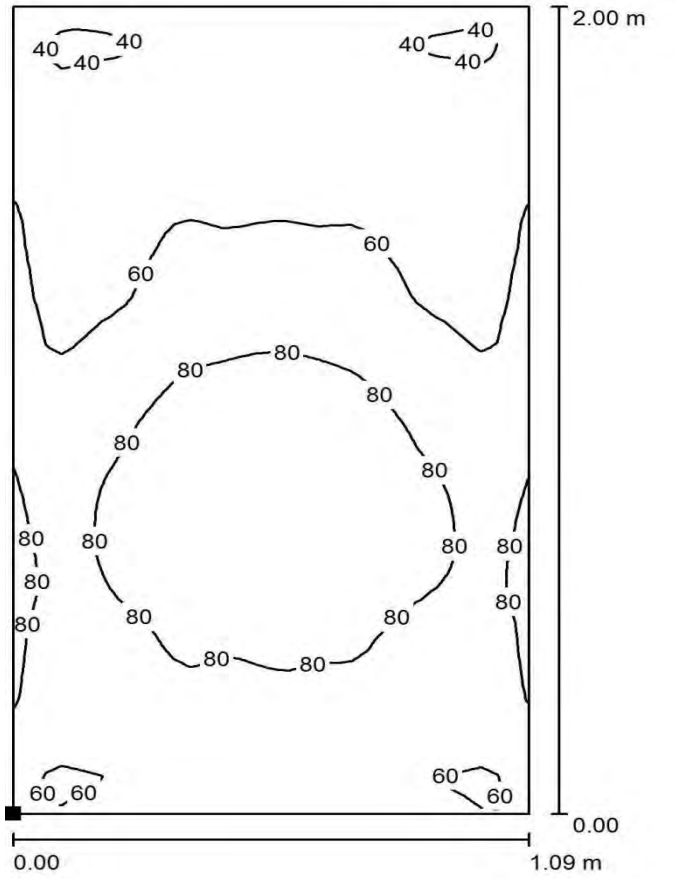


Fig VI.40 Isolíneas en pared 2 con dicroica.

Escala de grises Fig VI.41

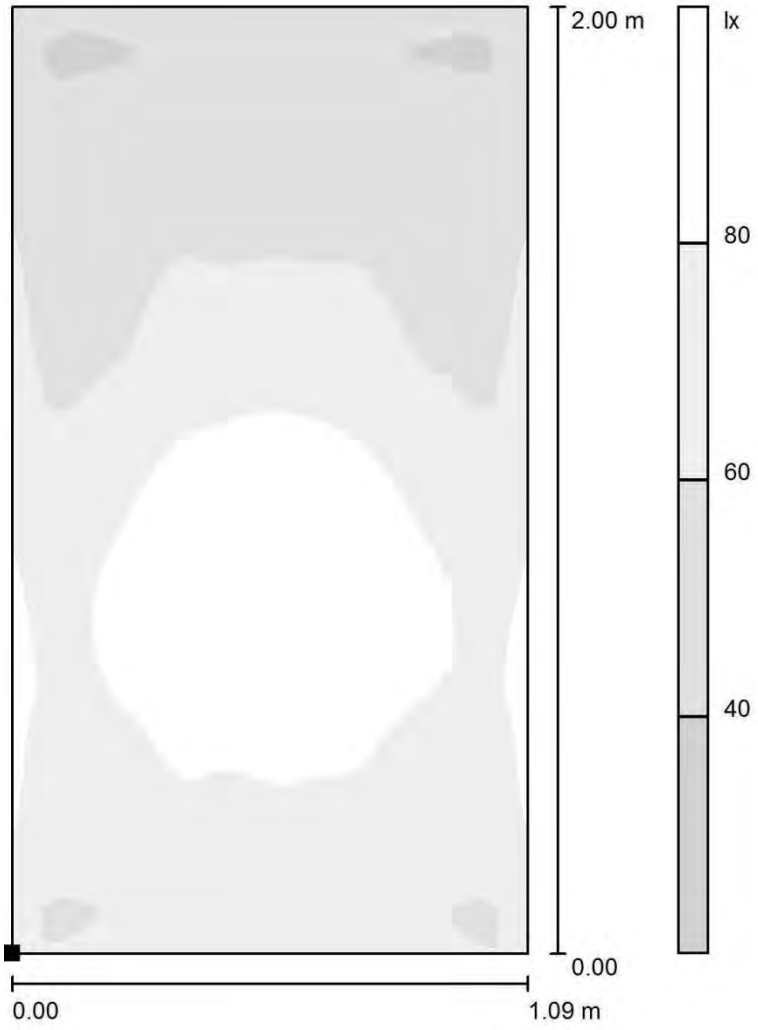


Fig VI.41 Escala de grises pared 2 con dicroica

Gráfico de valores Fig VI.42

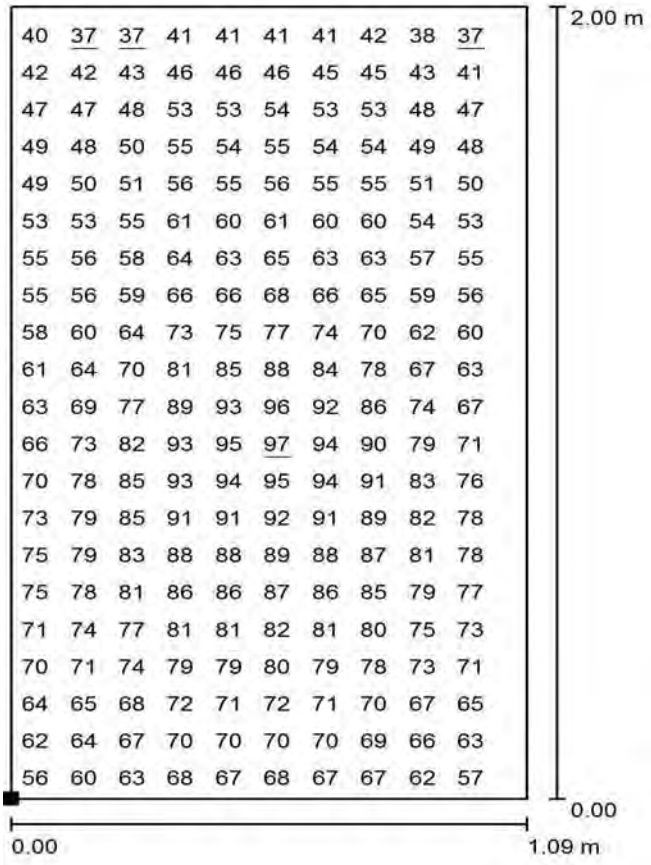


Fig VI.42 Escala de valores pared 2 con dicroica

En la Tabla VI.30 encontramos un resumen de los resultados en la pared 2

Tabla VI.30 Resultados en la pared 2

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
67	37	97	0.542	0.376

6.9 Estudio lumínico en función de las normas UNE-EN 81

Ahora realizaremos un estudio lumínico de un ascensor de seis personas con las restricciones impuestas en las normas UNE-EN 81.

La norma UNE-EN 81-1 en el punto 8.17 nos dice que la cabina debe estar provista con alumbrado permanente que nos asegure en a nivel de suelo y en la botonera (sistemas de control) un nivel lumínico de 50 lux como mínimo. También nos dice que si el alumbrado es incandescente se deben conectar dos lámparas en paralelo. Comentar que en este mismo punto nos dice que la cabina debe estar iluminada mientras el ascensor esta en uso.

En la norma UNE-EN 81-20-2015 en su prólogo nos cuenta que esta norma europea deberá recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico o ratificación antes de febrero de 2015, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes de esta deberán anularse a finales de agosto de 2017. Por tanto esta norma sustituirá EN 81-1 y EN 81-2.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, está obligado a adoptar esta norma España.

Por tanto la norma UNE-EN 81-20-2015 en su punto 5.4.10 nos dice que en la cabina debe de tener un alumbrado permanente que asegure a nivel de suelo, en las proximidades de los dispositivos de mandos y a un metro del suelo en cualquier punto alejado 10 cm de cualquier pared un nivel lumínico mínimo de 100lux.

También nos dice que tiene que haber dos lámparas conectadas en paralelo, la cabina debe de estar iluminada de continuo excepto cuando este estacionada y las puertas estén cerradas.

Teniendo todo esto en cuenta proponemos el estudio con dos luminarias tipos que se ponen en los ascensores, estudiándolo conforme a la exigencias de las norma EN 81 más concretamente EN 81-20-2015.

Los estudios los realizaremos lámparas led de dos tipos: tubos y dicroicas.

6.9.1 Estudio con dos tubos led

Para este estudio utilizaremos dos fluorescentes de led de 600mm Fig VI.7

1 Pieza PHILIPS
N° de artículos: 2
Flujo luminoso (Luminaria): 750 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 750 lm
Potencia de las luminarias: 9.9 W
Clasificación luminarias según CIE: 85
Código CIE Flux: 37 66 86 85 100
Lámpara: 1 x 9290002979 (Factor de corrección 1.000).

Iguales que en el proyecto1

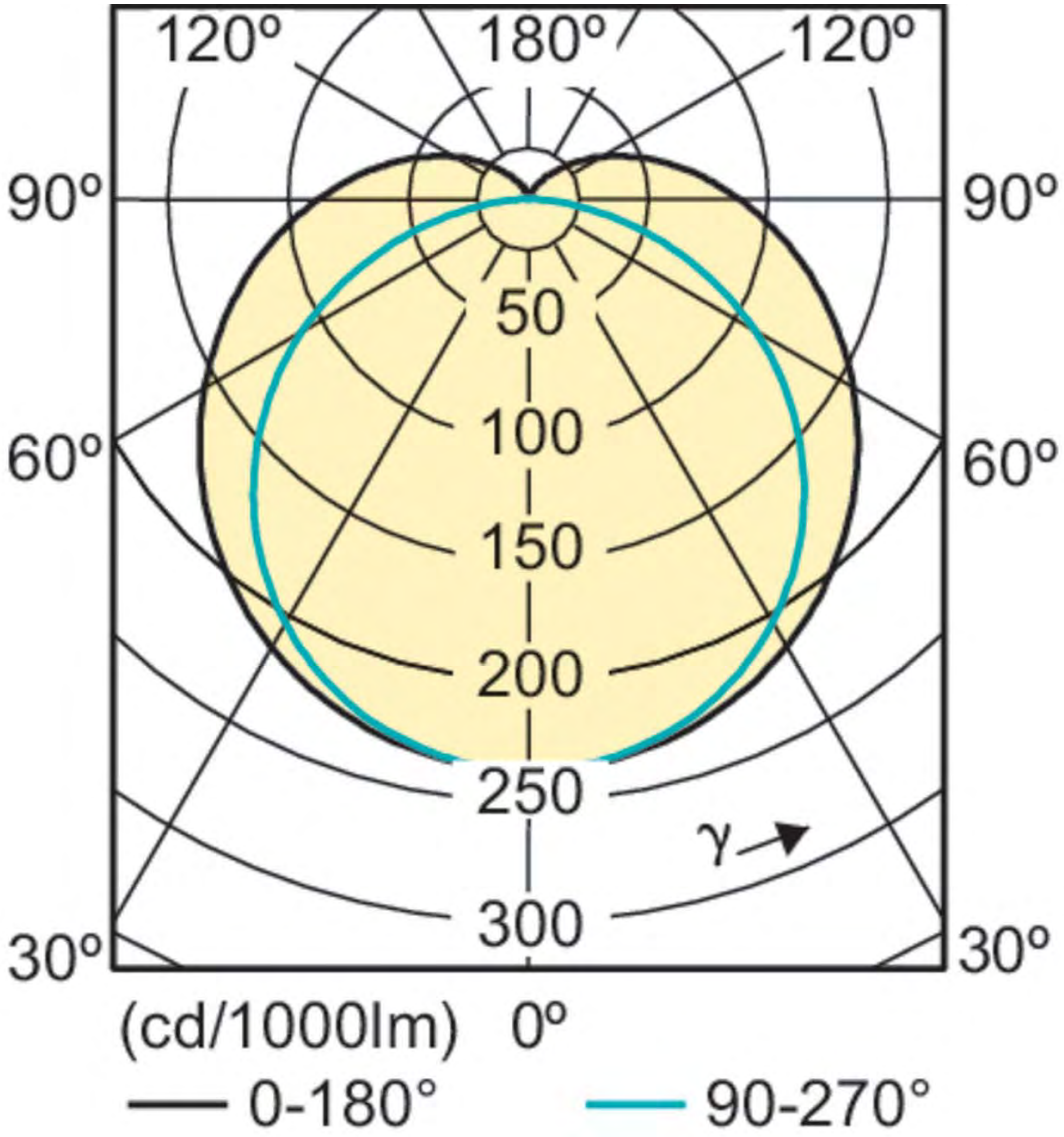


Fig VI.6 Curva fotométrica. Fuente :[33] Philips Lighthing Página web: http://www.lighting.philips.es/prof

Fig VI.7 Tubo led. Fuente :[33]

Características de la instalación Fig VI.42 y Tabla VI.31

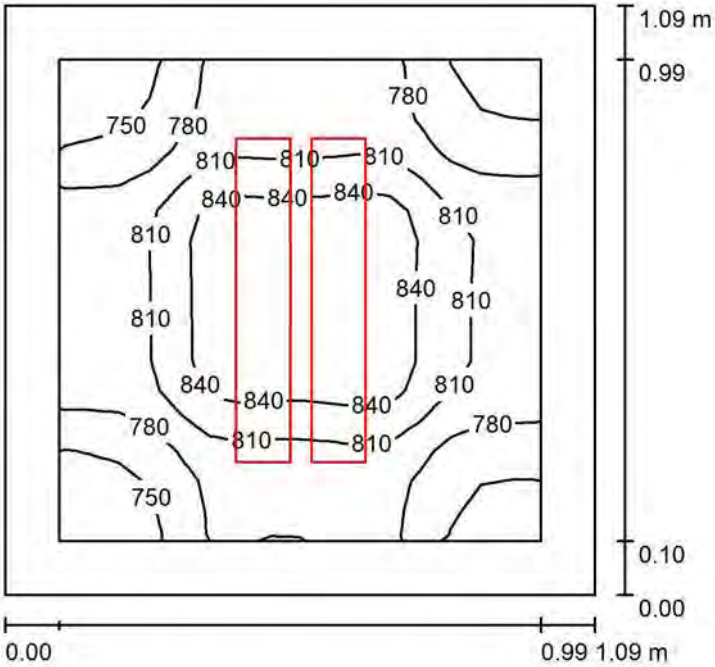


Fig VI.42 Isolíneas de la instalación 2 tubos led.

Tabla VI.31 Tabla de características de la instalación dos tubos de led.

Altura del local: 2.000 m, Altura de montaje: 2.000 m, Factor					Valores en Lux, Escala 1:14	
mantenimiento: 0.80						
Superficie		ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil		/	801	730	874	0.911
Suelo		20	395	343	431	0.868
Techo		70	671	480	2720	0.716
Paredes (4)		87	523	217	1052	/
Plano útil:						
Altura:		1.000 m				
Trama:		16 x 16 Puntos				
Zona marginal:		0.100 m				
Lista de piezas - Luminarias						
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)		Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS (1.000)		750	750	9.9
				Total: 1500	Total: 1500	19.8

Valor de eficiencia energética: 16.67 W/m² = 2.08 W/m²/100 lx (Base: 1.19 m²)

Resultados lumínicos Tabla VI.32

Tabla VI.32 Tabla de resultados dos tubos led.

Flujo luminoso total:		1500 lm			
Potencia total:		19.8 W			
Factor mantenimiento:		0.80			
Zona marginal:		0.100 m			
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	235	566	801	/	/
Suelo	65	330	395	20	25
Techo	125	545	671	70	149
Pared 1	93	412	505	86	138
Pared 2	130	406	537	90	154
Pared 3	95	412	507	86	139
Pared 4	129	413	542	86	148

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m: 0.911 (1:1)

E_{min} / E_{max}: 0.835 (1:1)

Valor de eficiencia energética: 16.67 W/m² = 2.08 W/m²/100 lx (Base: 1.19 m²)

Isolíneas en el suelo Fig VI.43

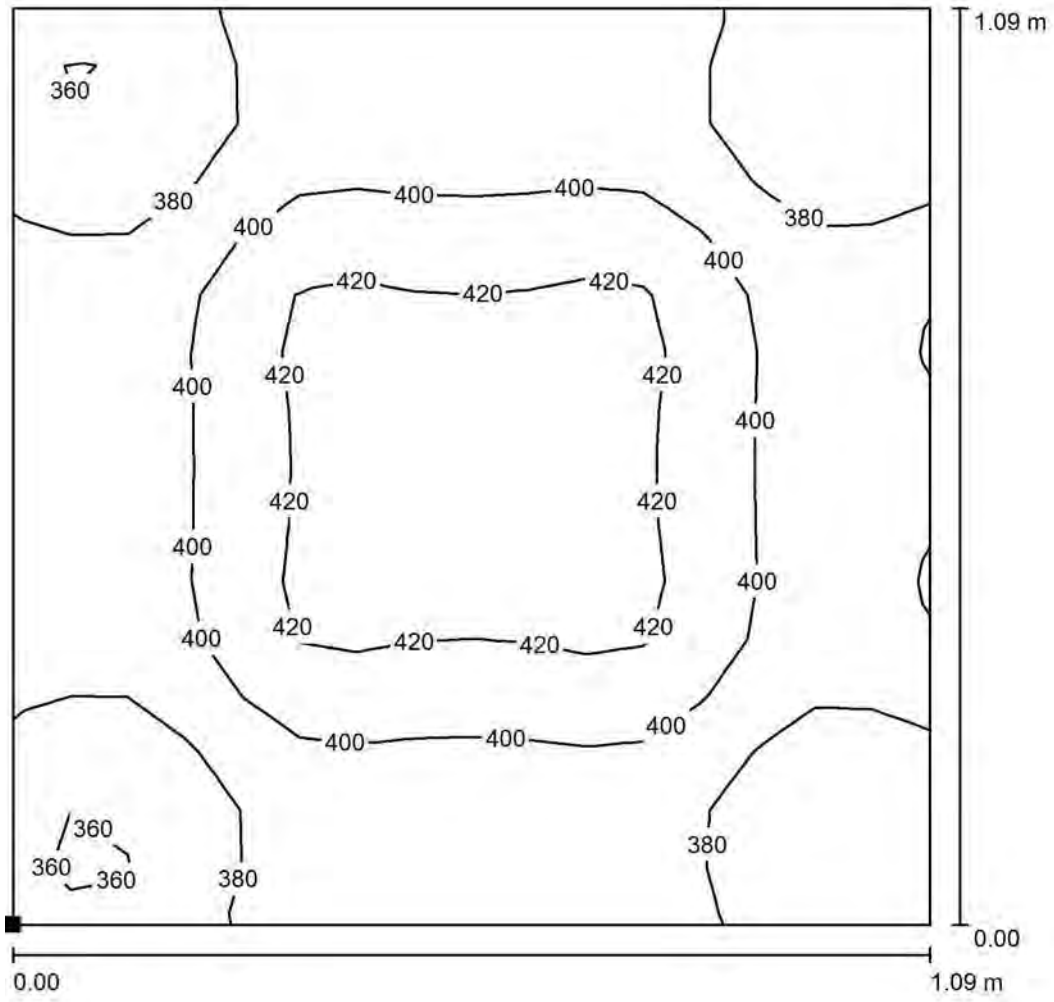


Fig VI.43 Isolíneas a nivel del suelo dos tubos led.

Gama de grises en el suelo Fig VI.44

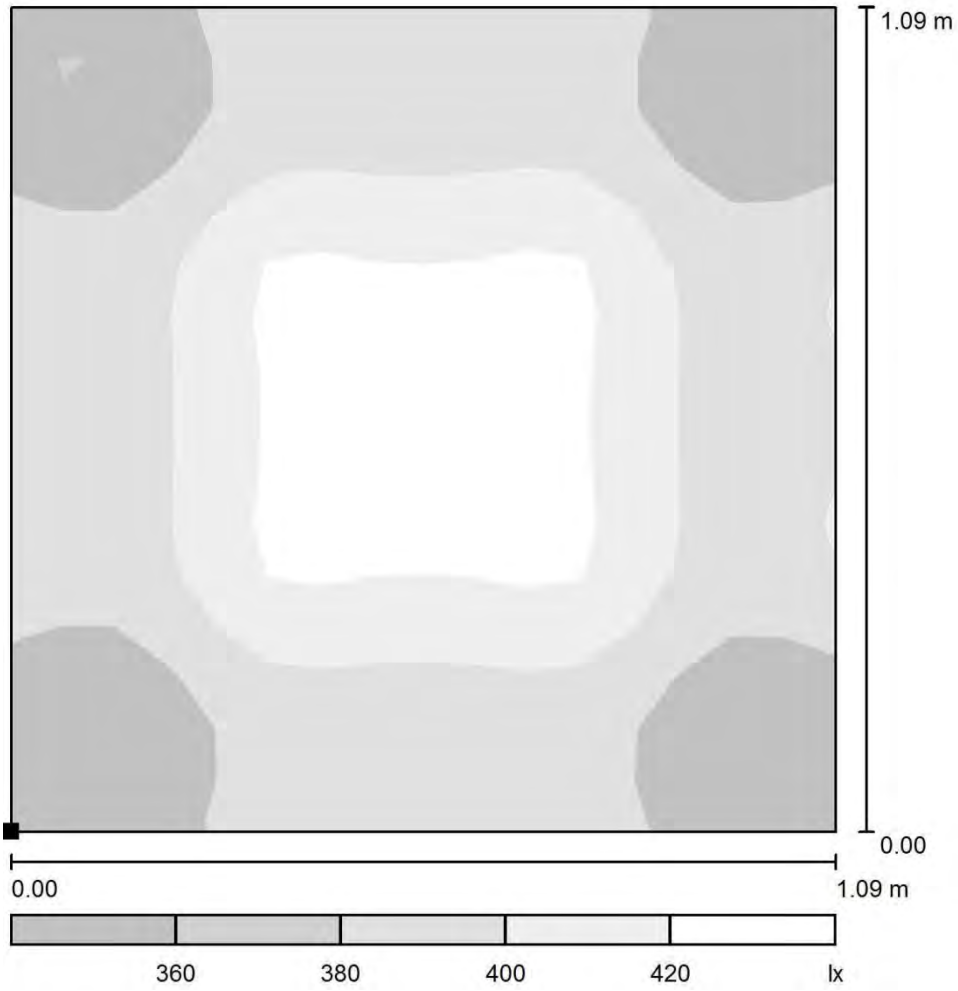


Fig VI.44 escala de grises a nivel del suelo dos tubos led.

Gráfico de valores a nivel de suelo Fig VI.45

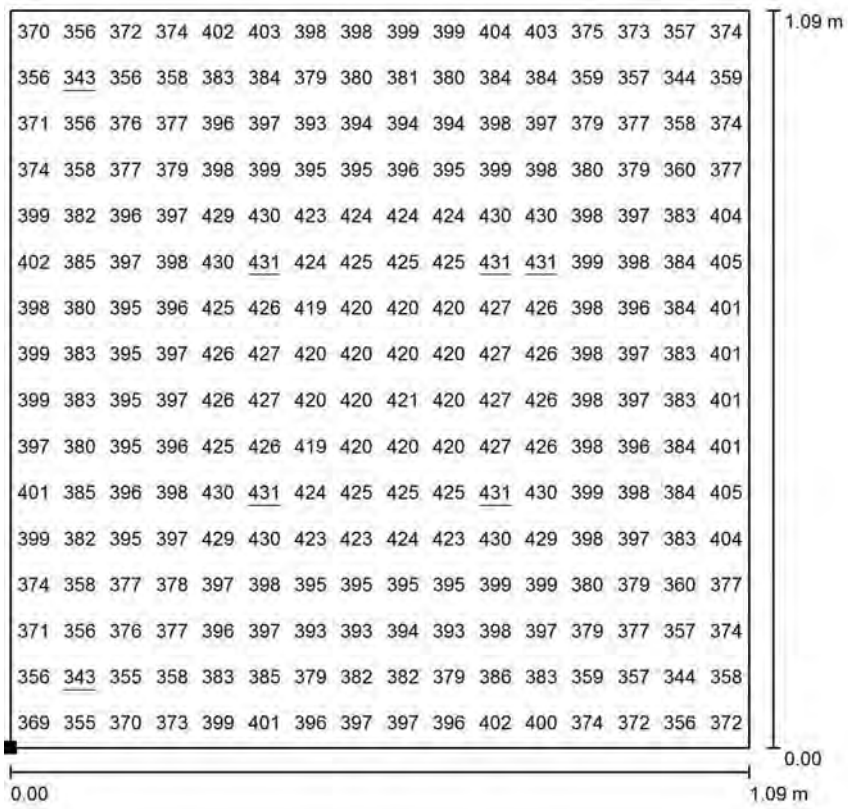


Fig VI.45 escala de valores a nivel del suelo dos tubos led.

En la Tabla VI.33 se muestran los resultados obtenidos a nivel del suelo.

Tabla VI.33 Valores a nivel del suelo con dos tubos led

Trama: 16 x 16 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
395	343	431	0.868	0.794

Pared 1 del ascensor isolíneas Fig VI.46 y Fig VI.47

Fig VI.46 pared 1 dos tubos .

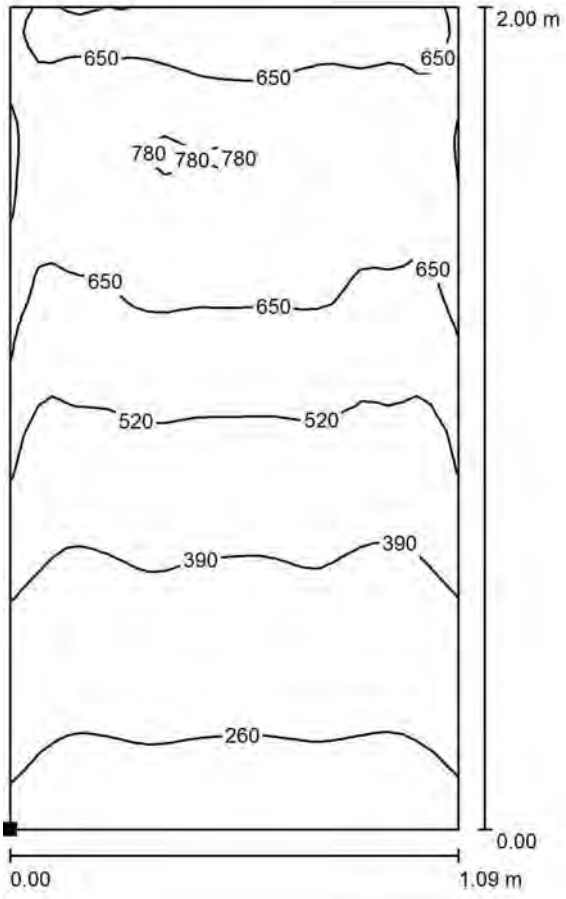


Fig VI.47 Isolíneas pared 1 dos tubos

Gama de grises de la pared 1 Fig VI.48

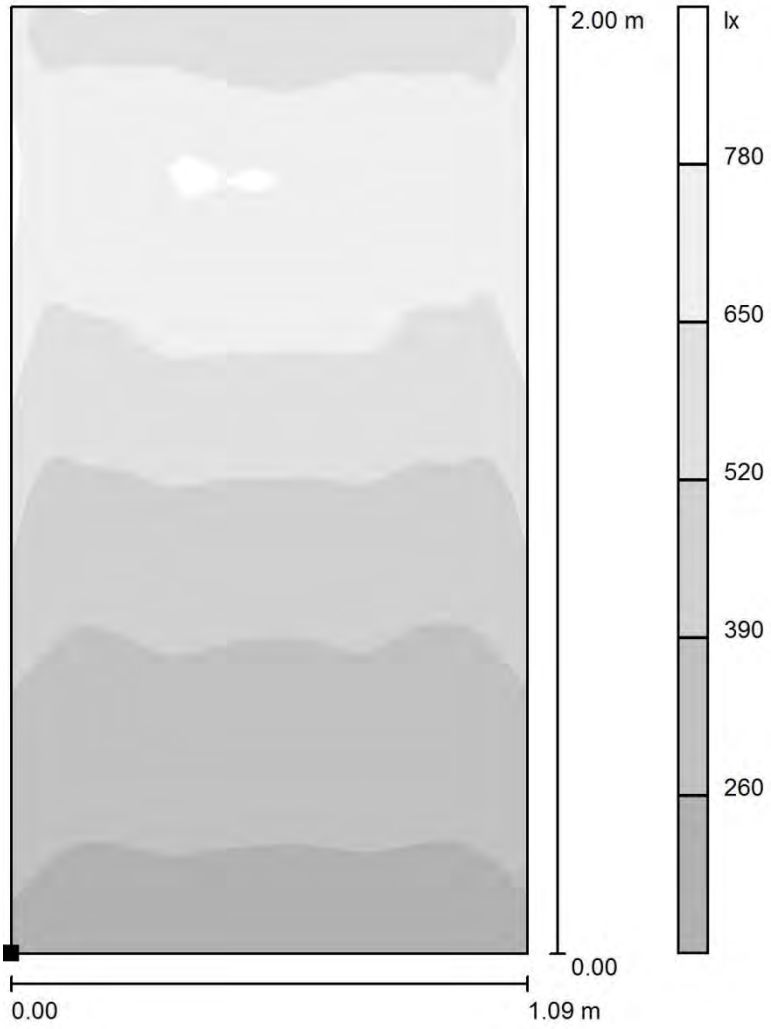


Fig VI.48 escala de grises pared 1 dos tubos.

Gráfico de valores de la pared 1 Fig VI.49

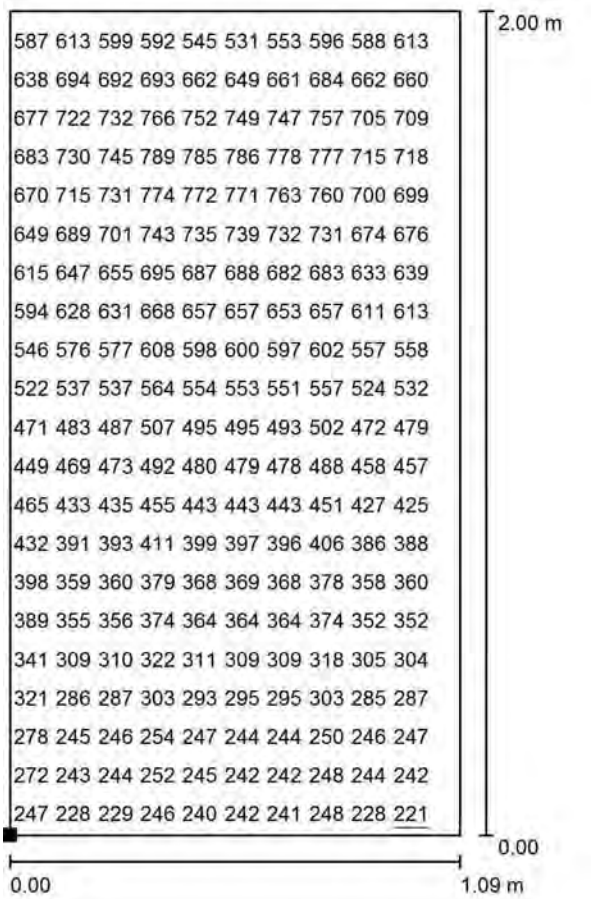


Fig VI.48 escala de valores pared 1 dos tubos.

En la Tabla VI.34 se muestran los resultados obtenidos en la pared 1.

Tabla VI.34 Resultados en pared 1 con dos tubos.

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
505	221	824	0.437	0.268

Isolíneas dela pared 2 Fig VI.49 y Fig VI.50

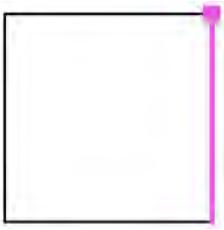


Fig VI.49 pared 2 dos tubos led

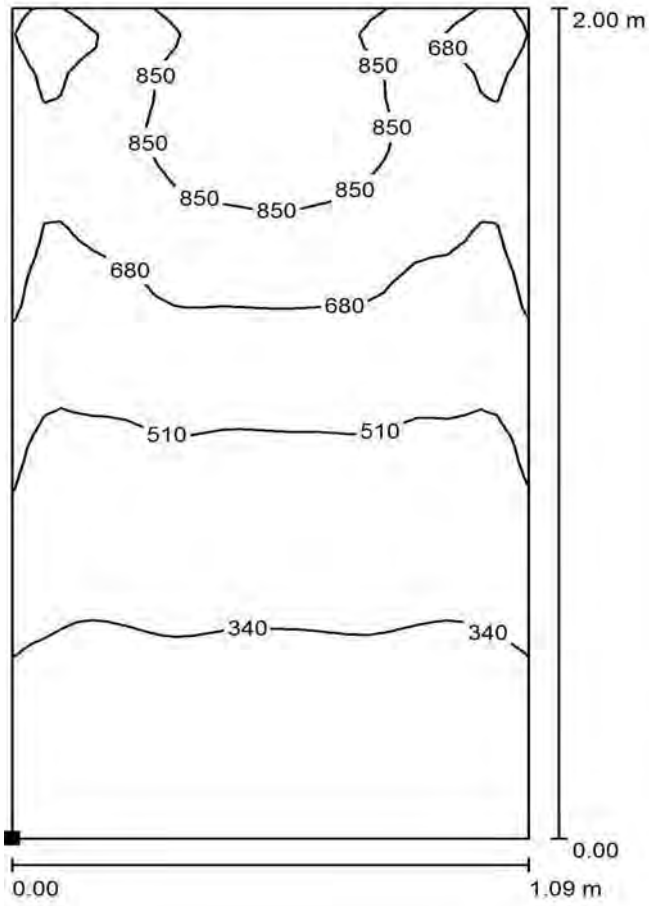


Fig VI.50 Isolíneas pared 2 dos tubos led.

Gamas de grises de la pared 2 Fig VI.51

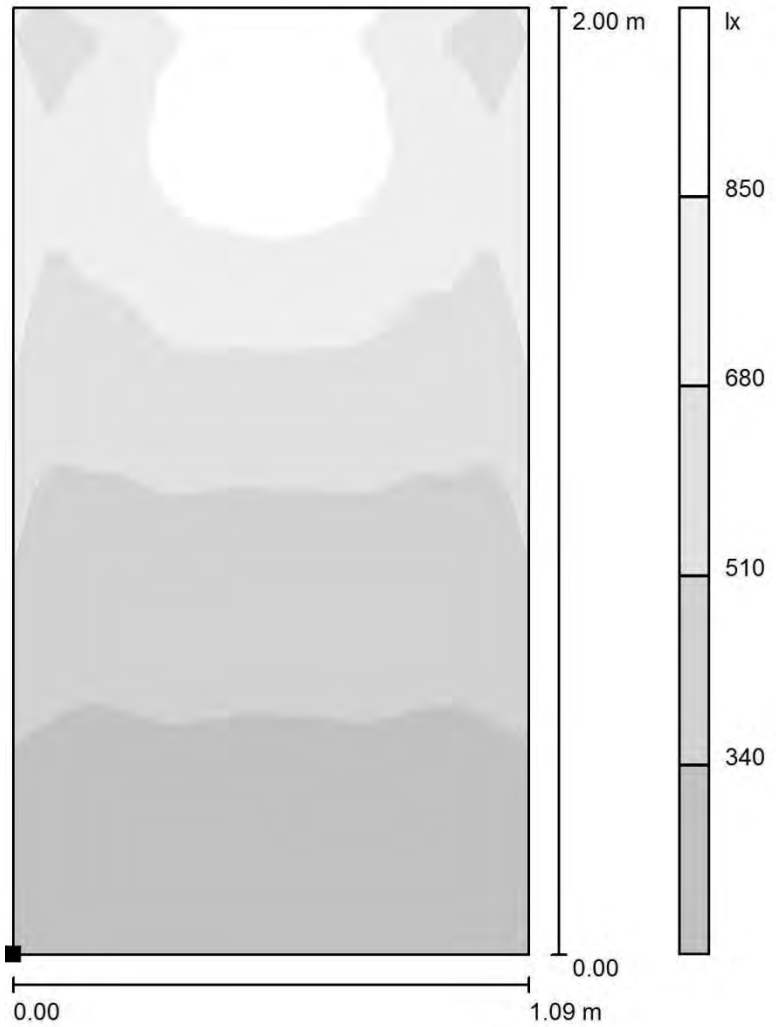


Fig VI.51 Escala de grises pared 2 dos tubos led.

Gráfico de valores de la pared 2 Fig VI.52

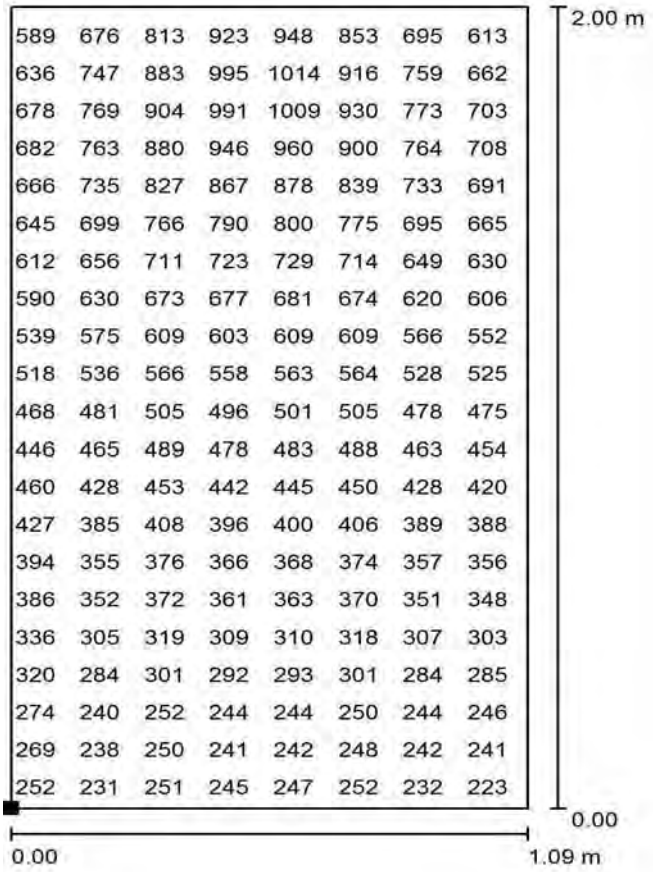


Fig VI.52 Escala de valores pared 2 dos tubos led.

En la Tabla VI.35 se muestran los resultados obtenidos en la pared 2.

Tabla VI.35 Resultados en pared 2 con dos tubos.

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min}[lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}

537	217	1023	0.405	0.212

6.9.2 Estudio con dos dicroicas led

Tras haber estudiado el ascensor con dos fluorescentes lo estudiaremos con dos dicroicas como las del proyecto dos

PHILIPS BBG463 1xLED-40--4200-GU10

N° de artículo: 2

Flujo luminoso (Luminaria): 290 lm

Flujo luminoso (Lámparas): 290 lm

Potencia de las luminarias: 6.8 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 94 98 100 100 100

Lámpara: 1 x LED-40--4200-GU10 (Factor de corrección 1.000)

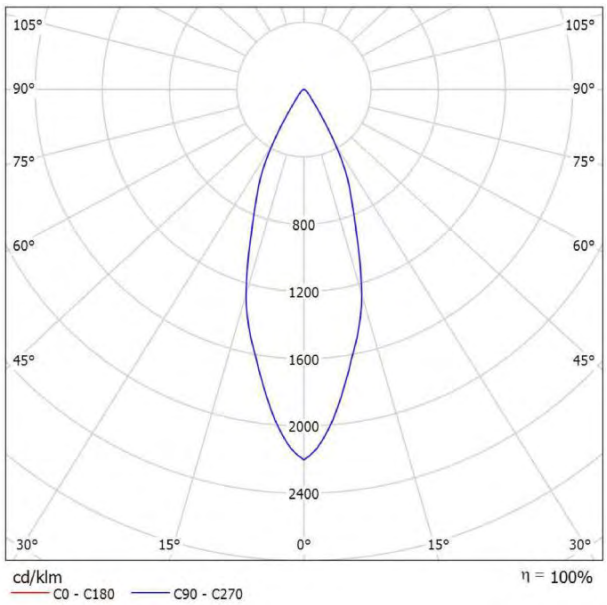


Fig VI.26 Dicroica y Curva Fotométrica. Fuente :[33]

Características de la instalación Fig VI.53 y Tabla VI.36

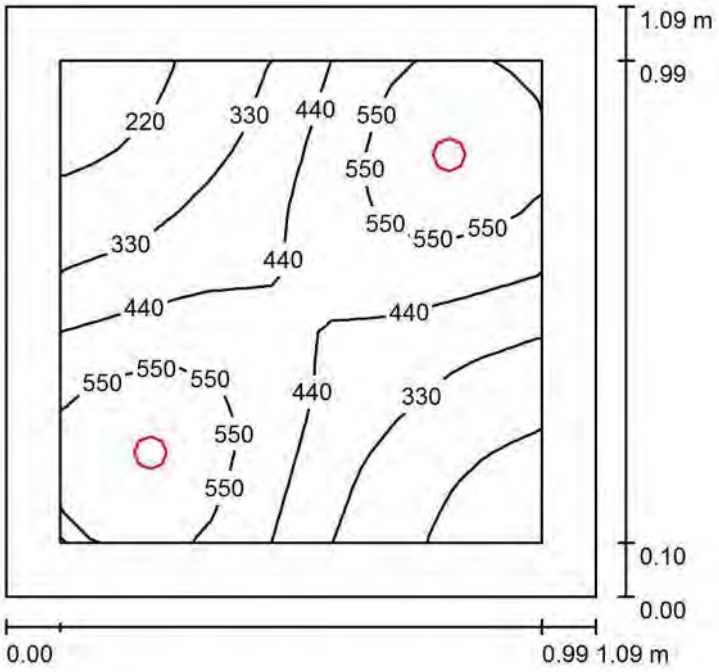


Fig VI.53 Isolíneas de la instalación dos dicroicas.

Tabla VI.36 Tabla de características de la instalación dos dicroicas.

Altura del local: 2.000 m, Altura de montaje: 2.000 m, Factor					Valores en Lux, Escala 1:14		
mantenimiento: 0.80							
Superficie		ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]		E_{min} / E_m
Plano útil		/	429	156	675		0.36
Suelo		20	261	181	306		0.69
Techo		70	123	103	143		0.83
Paredes (4)		87	153	96	304		/
Plano útil:							
Altura:		1.000 m					
Trama:		16 x 16 Puntos					
Zona marginal:		0.100 m					
Lista de piezas - Luminarias							
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)		Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]		P [W]
1	2	PHILIPS BBG463 1xLED-40--4200-GU10 (1.000)		290		290	6.8
				Total: 580	Total:	580	13.6

Valor de eficiencia energética: 11.45 W/m² = 2.67 W/m²/100 lx (Base: 1.19 m²)

Resultados lumínicos Tabla VI.37

Tabla VI.37 Resultados de la instalación con dos dicroicas

Flujo luminoso total:		580 lm			
Potencia total:		13.6 W			
Factor mantenimiento:		0.80			
Zona marginal:		0.100 m			
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	294	135	429	/	/
Suelo	141	120	261	20	17
Techo	0.00	123	123	70	27
Pared 1	34	119	153	86	42
Pared 2	34	118	152	90	44
Pared 3	34	119	153	86	42
Pared 4	34	120	154	86	42

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m: 0.364 (1:3)

E_{min} / E_{max}: 0.231 (1:4)

Procesado de colores Fig VI.54

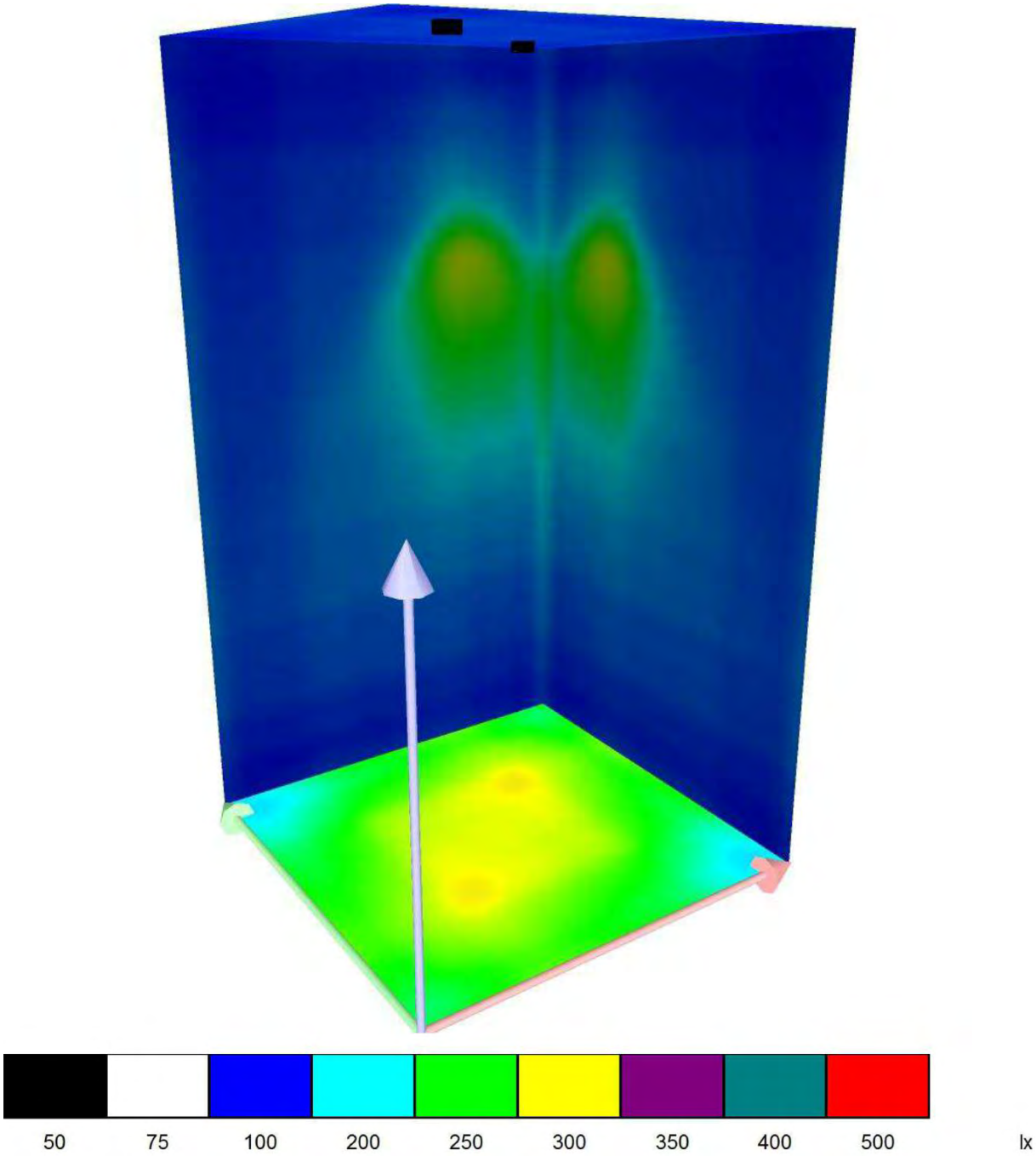


Fig VI.54 Procesado de colores con dos dicroicas.

Isolíneas en el suelo Fig VI.55

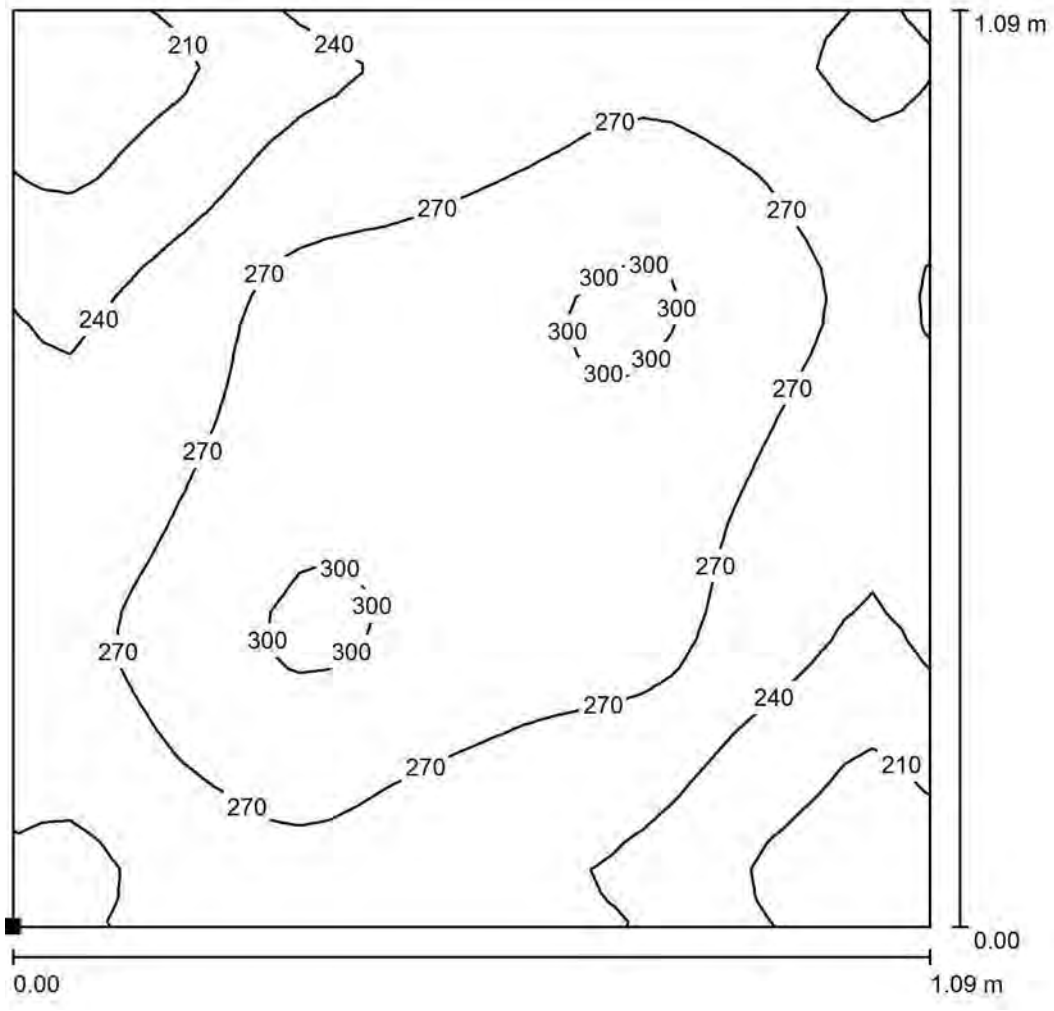


Fig VI.55 Isolíneas a nivel de suelo con dos dicroicas.

Escala de grises Fig VI.56

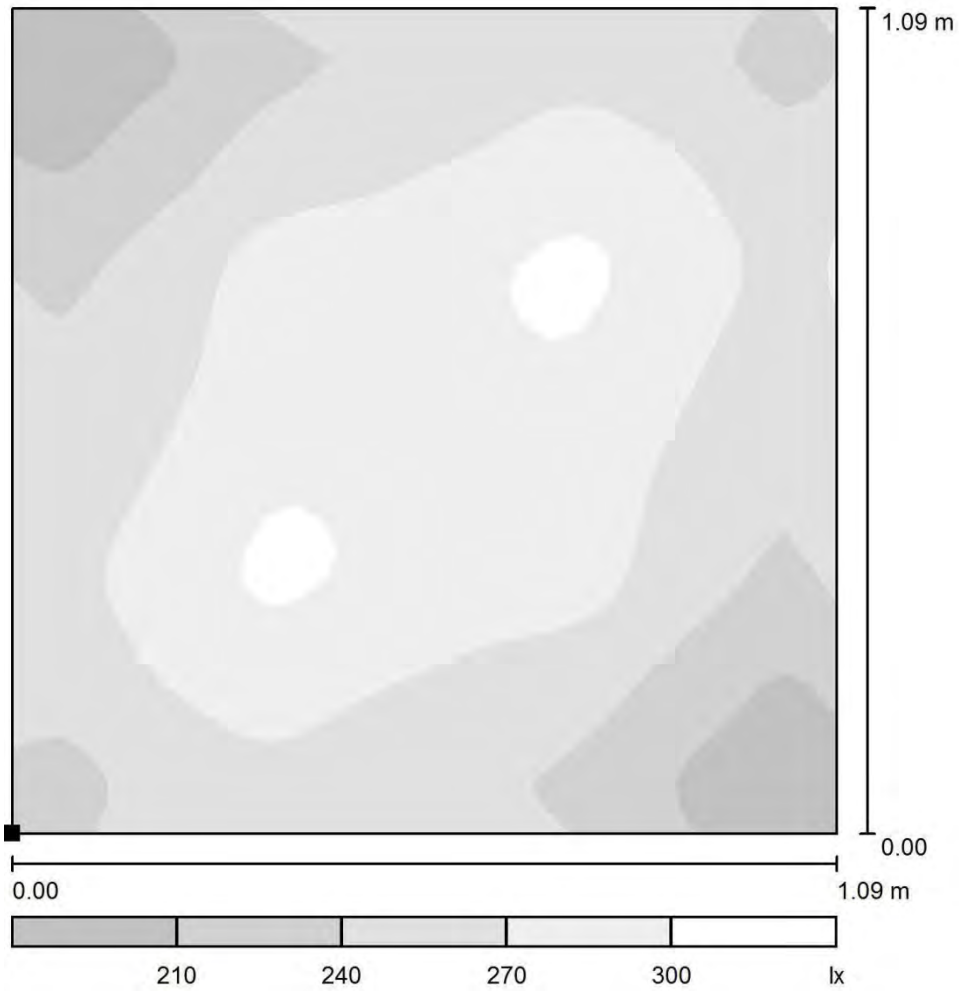


Fig VI.56 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas.

Gráfico de valores en el suelo Fig VI.57

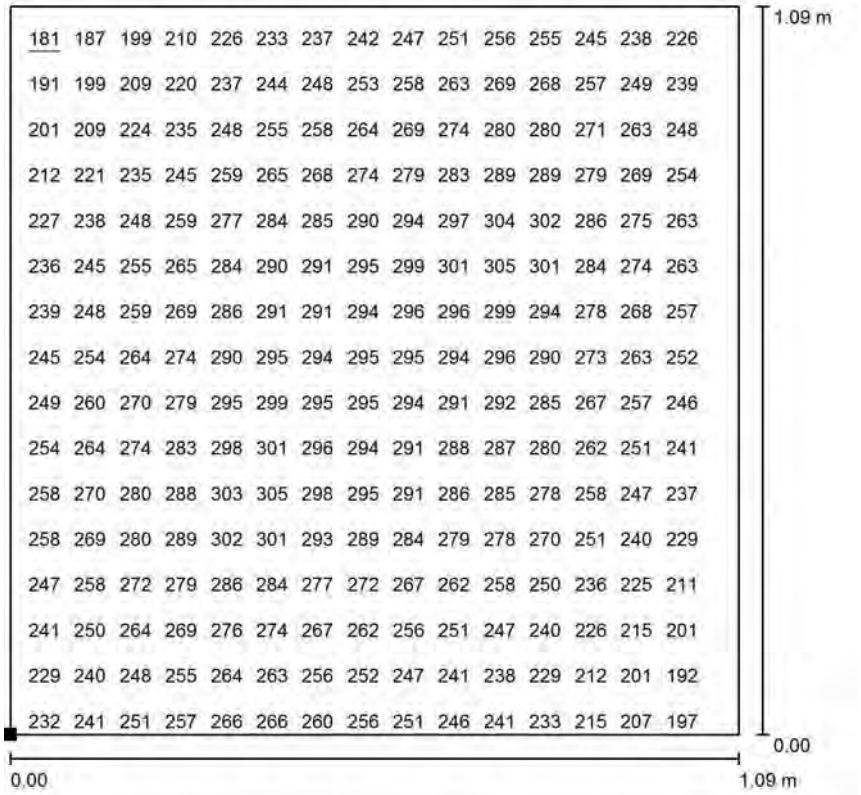


Fig VI.57 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas.

En la Tabla VI.38 se muestran los resultados obtenidos a nivel del suelo.

Tabla VI.38 Resultados obtenidos a nivel del suelo con dos dicroicas.

Trama: 32 x 32 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
261	181	306	0.694	0.592

Pared 1 del ascensor, isolíneas Fig VI.58 y Fig VI.59

Fig VI.58 Pared 1 con dos dicroicas.

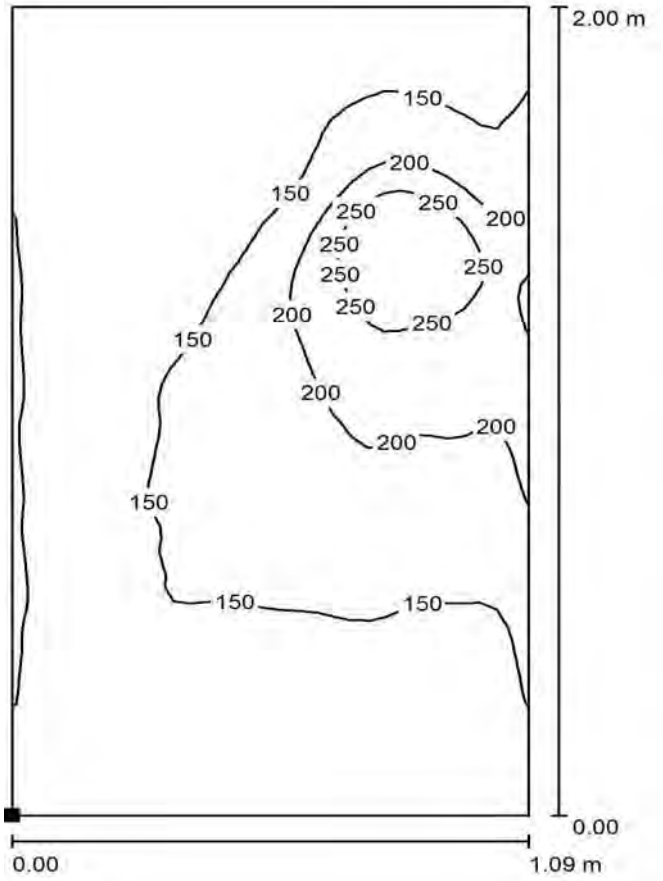


Fig VI.59 Isolíneas pared 1 con dos dicroicas.

Escala de grises de la pared 1 Fig VI.60

Fig VI.60 Escala de grises en pared 1 con dos dicroicas.

Gráfico de valores pared 1 Fig VI.61

Fig VI.60 Escala de valores en pared 1 con dos dicroicas

.

En la Tabla VI.39 se muestran los resultados obtenidos en la pared 1 con dos dicroicas.

Tabla VI.39 Tabla resumen de resultados en pared uno con dos dicroicas.

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
153	99	303	0.644	0.326

Pared 2 isolíneas Fig VI.61 y Fig VI.62

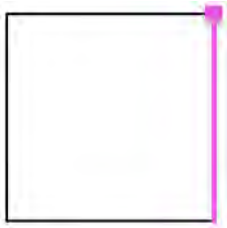


Fig VI.61 Pared 1 con dos dicroicas.

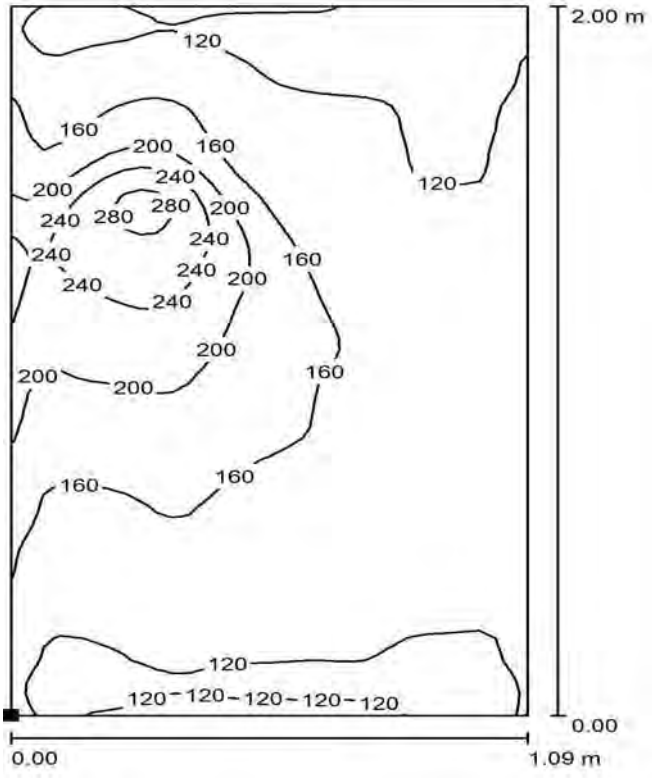


Fig VI.62 Isolíneas pared 2 con dos dicroicas.

Escala de grises pared 2 Fig VI.63

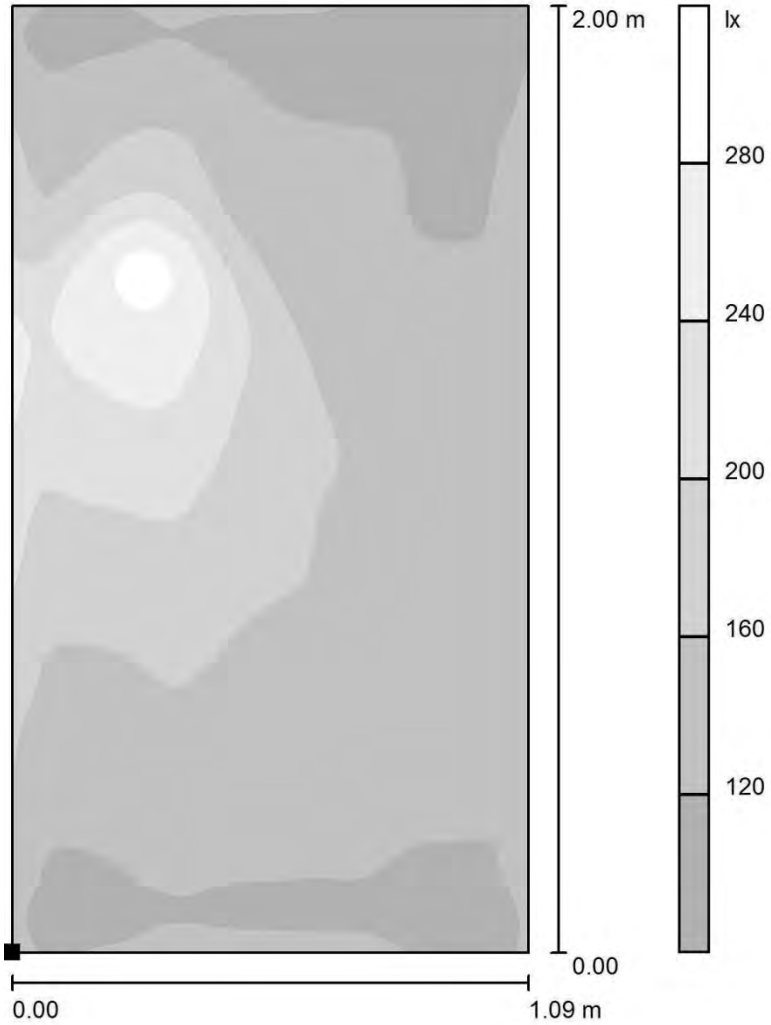


Fig VI.63 Escala de grises en la pared 2 con dos dicroicas.

Gráfico de valores pared 2 Fig VI.63

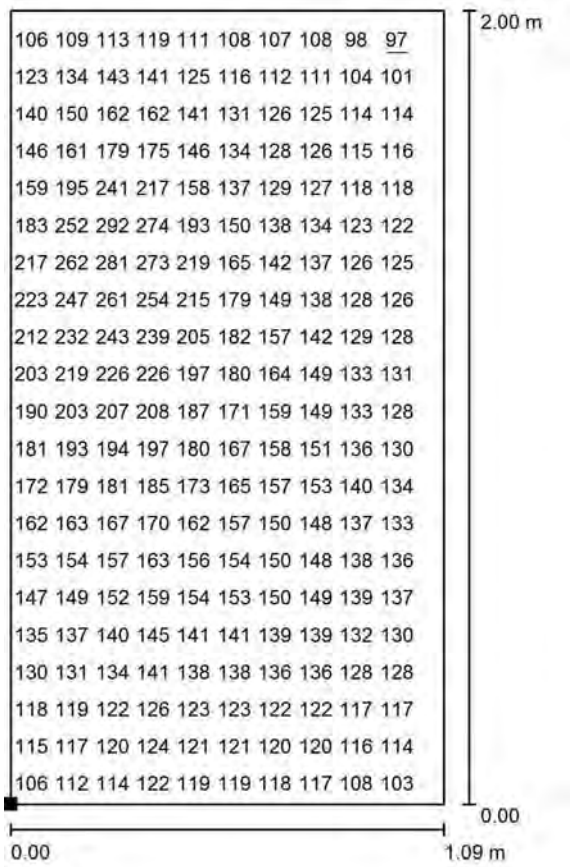


Fig VI.63 Escala de valores en la pared 2 con dos dicroicas.

En la Tabla VI.40 se muestran los resultados obtenidos en la pared 2 con dos dicroicas.

Tabla VI.40 Tabla resumen de resultados en pared uno con dos dicroicas.

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
152	97	296	0.637	0.326

6.9.3 Reducción de potencia energética

En estos casos estudiaremos la reducción de potencia producida por un fallo en una de ellas, donde la luminaria que queda no estará centrada, y el caso de reducción de potencia por la mera intención de reducir la potencia, para ello centraremos la luminaria

6.9.3.1 Por fallo de una de las luminarias

Es estos casos se estudiará el fallo de una de las luminarias y se verá si cumplen los requisitos exigidos.

6.9.3.1.1 Lámpara led de 600mm

1 Pieza PHILIPS
N° de artículos: 2
Flujo luminoso (Luminaria): 750 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 750 lm
Potencia de las luminarias: 9.9 W
Clasificación luminarias según CIE: 85
Código CIE Flux: 37 66 86 85 100
Lámpara: 1 x 9290002979 (Factor de corrección 1.000).

Fig VI.7 Tubo led. Fuente :[33]

Luminaria desconectada Fig VI.64 y Tabla VI 41.

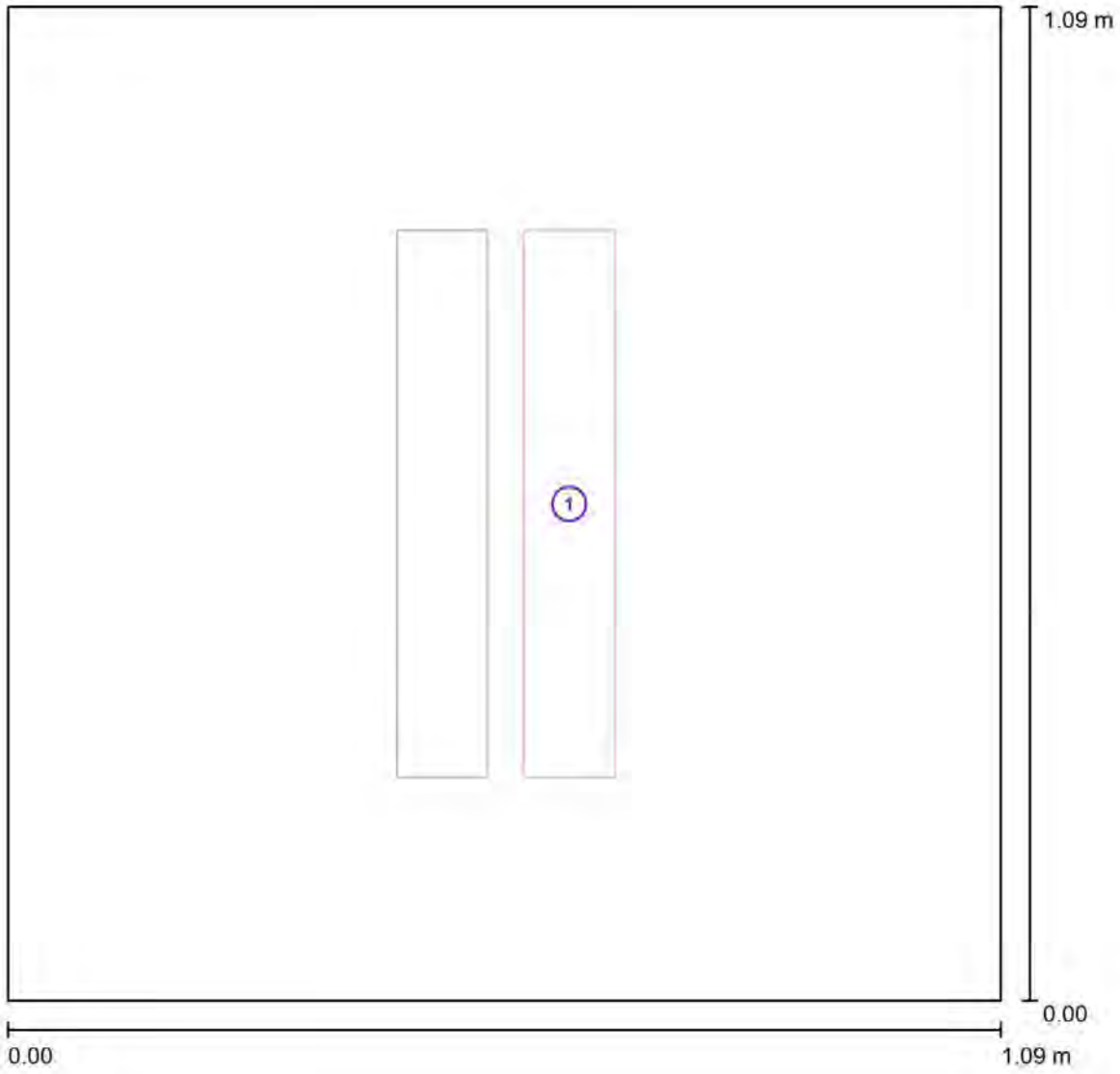


Fig VI.64 Cabina con dos tubos led y solo una en funcionamiento.

Resultados lumínicos Fig VI.65, Tabla VI 41 y Tabla VI 42

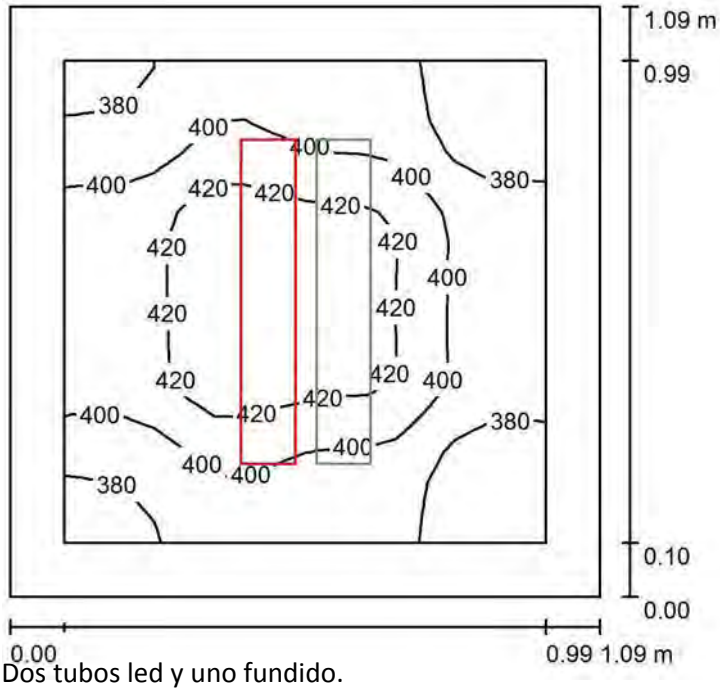


Fig VI.65 Dos tubos led y uno fundido.

Tabla VI 41 tabla resumen de la instalación dos tubos led, pero solo luce uno.

Altura del local: 2.000 m, Altura de montaje: 2.000 m, Valores en Lux, Escala 1:14
Factor

mantenimiento: 0.80

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min}/E_m
Plano útil	/	400	360	441	0.899
Suelo	20	197	172	216	0.869
Techo	70	335	239	1390	0.714
Paredes (4)	87	261	109	580	/

Plano útil:

Altura:	1.000 m
Trama:	16 x 16 Puntos
Zona marginal:	0.100 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS (1.000)	750	750	9.9
			Total: 750	Total: 750	9.9

Tabla VI 42 valores medios dos tubos led y uno apagado.

Flujo luminoso total:		750 lm			
Potencia total:		9.9 W			
Factor mantenimiento:		0.80			
Zona marginal:		0.100 m			
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	117	283	400	/	/
Suelo	33	165	197	20	13
Techo	63	272	335	70	75
Pared 1	46	206	252	86	69
Pared 2	59	203	262	90	75
Pared 3	47	206	253	86	69
Pared 4	70	207	277	86	76

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m: 0.899 (1:1)

E_{min} / E_{max}: 0.815 (1:1)

Valor de eficiencia energética: 8.33 W/m² = 2.08 W/m²/100 lx (Base: 1.19 m²)

Procesado de colores Fig VI.66

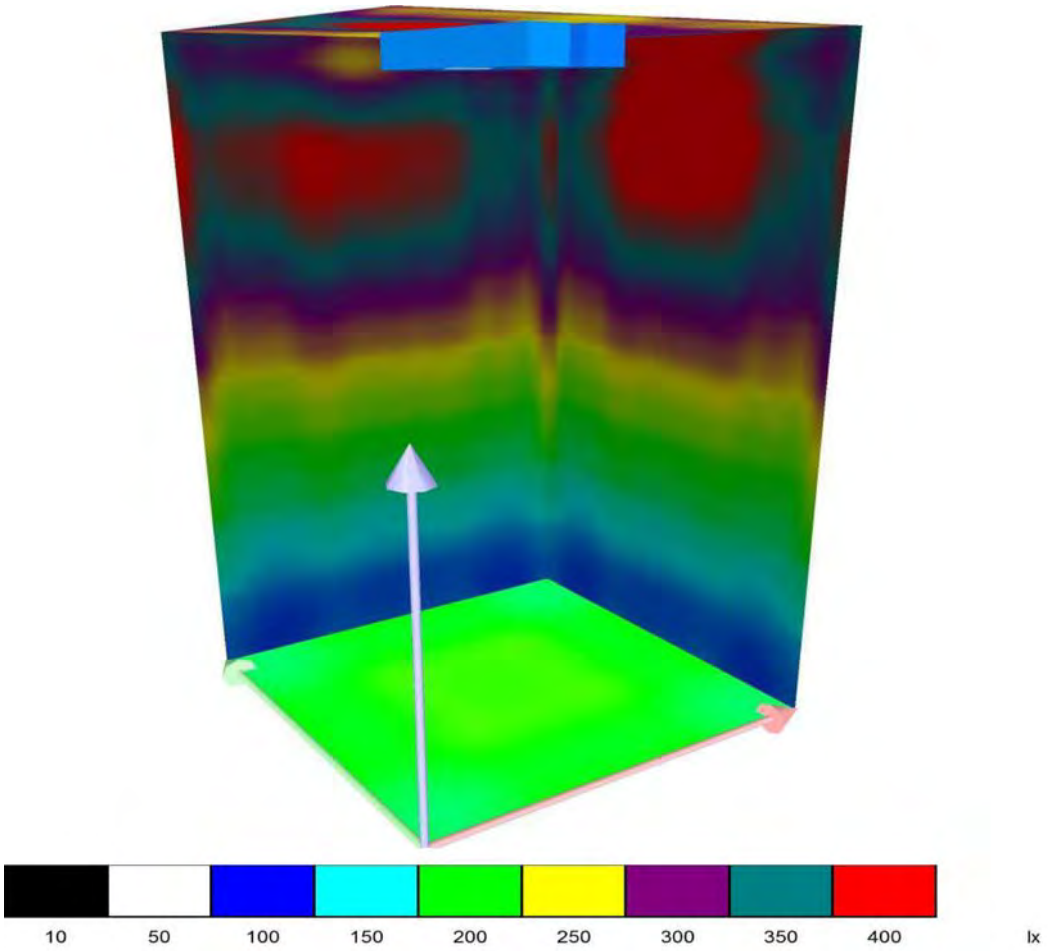


Fig VI.66 Procesado de colores para dos tubos led y uno apagado.

Isolíneas a nivel de suelo Fig VI.67

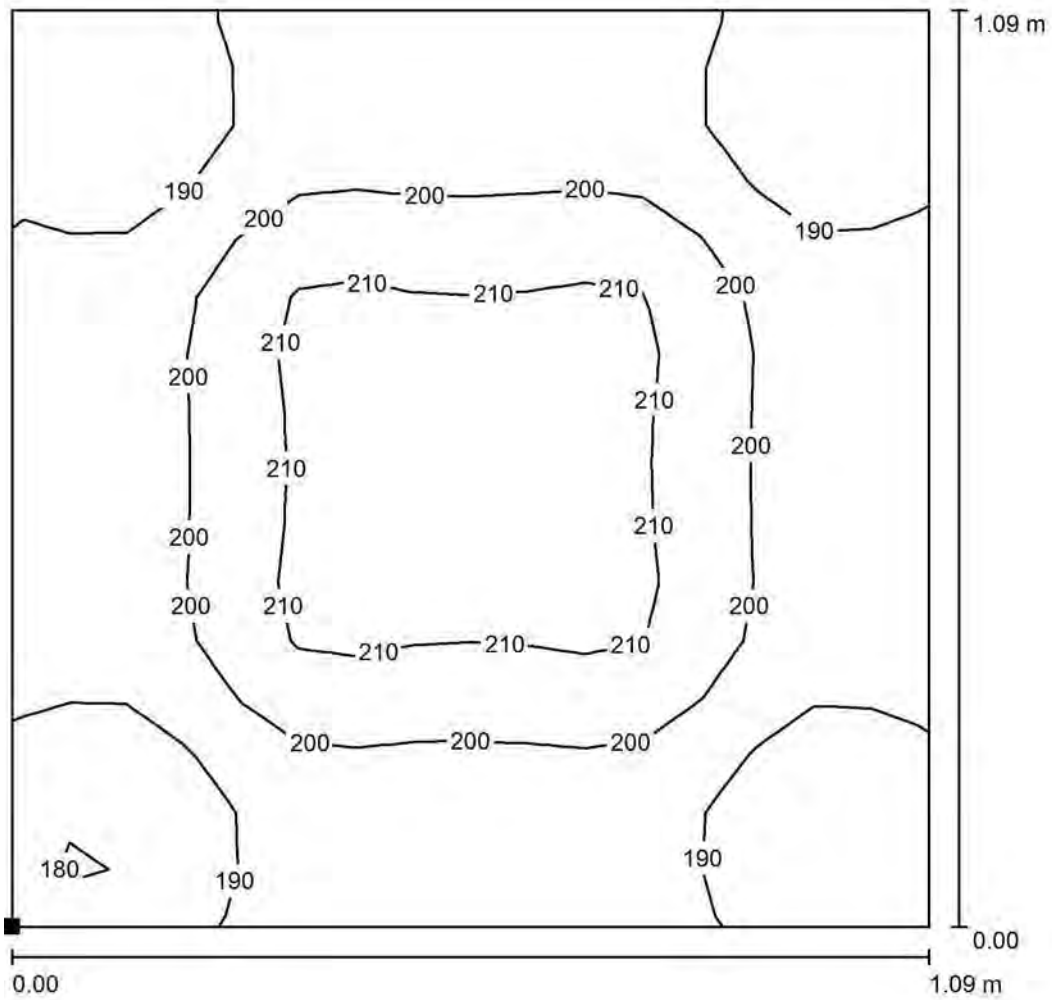


Fig VI.67 Isolíneas a nivel de suelo para dos tubos led y uno apagado.

Gama de grises a nivel de suelo Fig VI.68

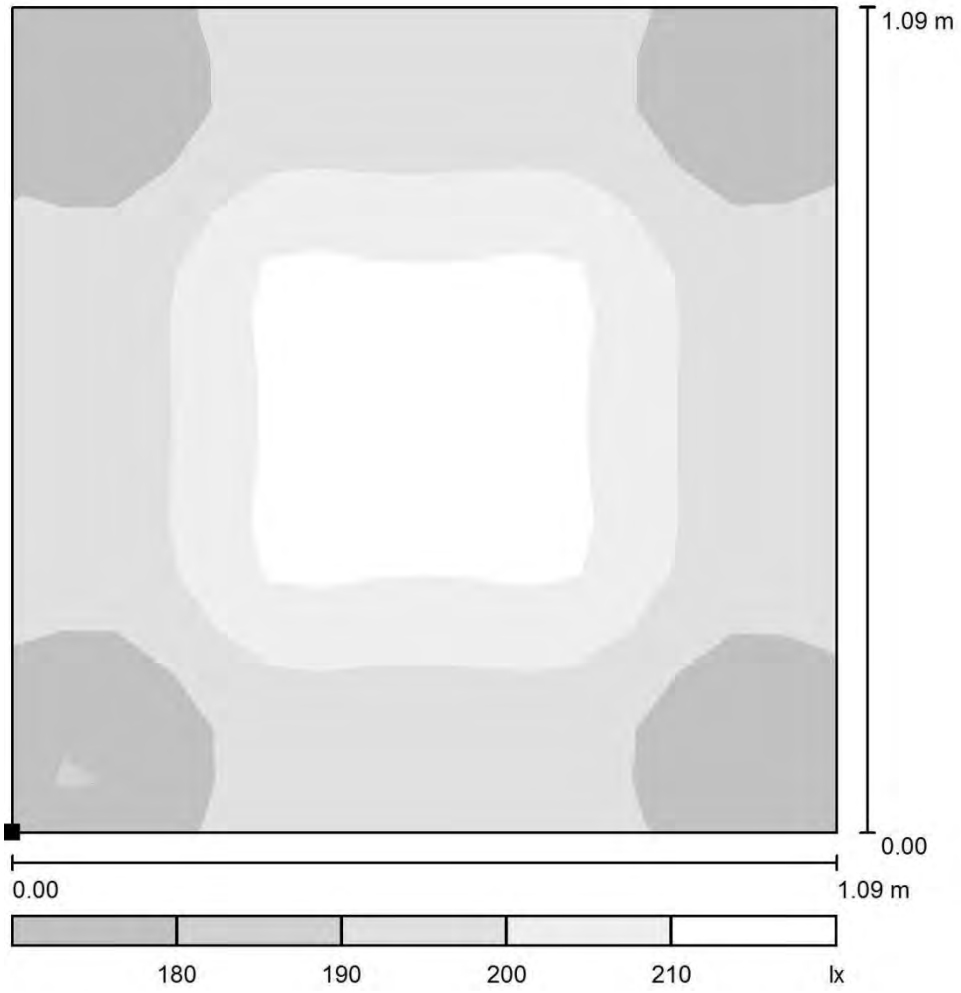


Fig VI.68 Escala de grises a nivel de suelo para dos tubos led y uno apagado.

Escala de valores a nivel de suelo Fig VI.69

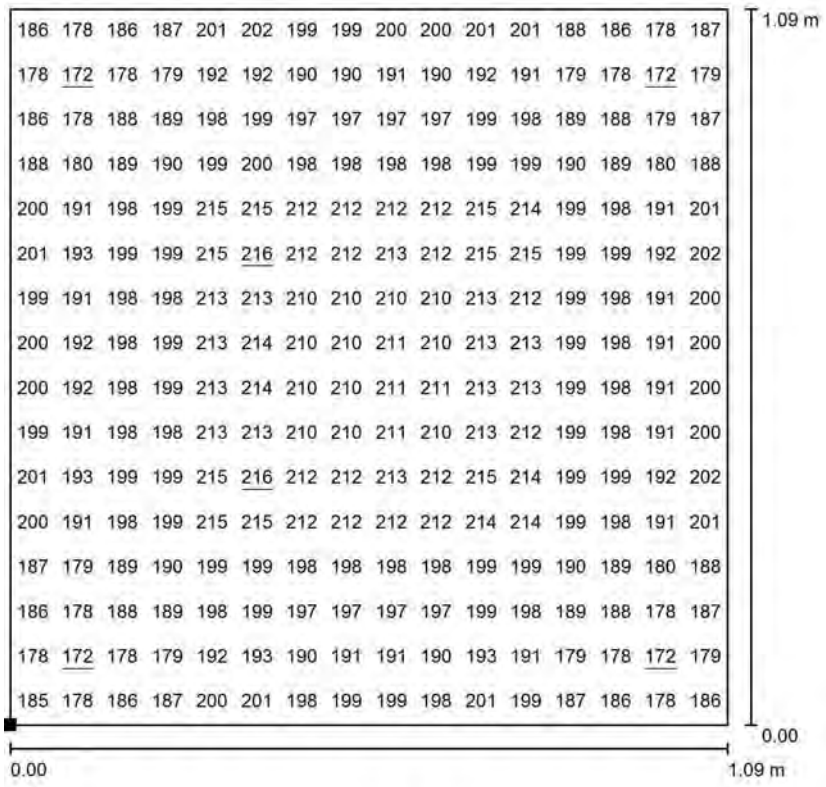


Fig VI.69 Escala de valores a nivel de suelo para dos tubos led y uno apagado.

En la Tabla VI 43 se muestran los resultados de los valores a nivel de suelo.

Tabla VI 43 Valores a nivel de suelo con dos tubos led y uno de ellos apagado.

Trama: 16 x 16 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
197	172	216	0.869	0.796

Isolíneas en pared 1 Fig VI.70 y Fig VI.71

Fig VI.70 Pared 1 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

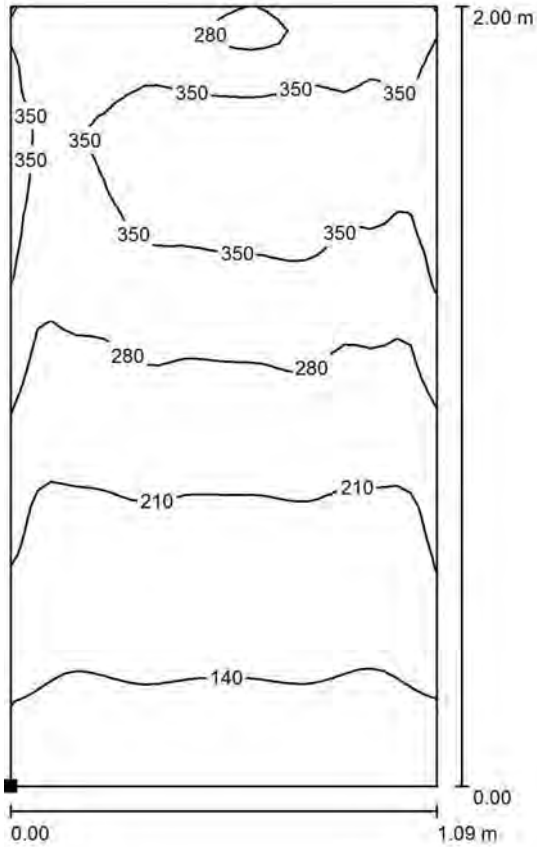


Fig VI.71 Isolíneas en pared 1con dos tubos led y uno apagado.

Escala de grises en pared 1 Fig VI.72.

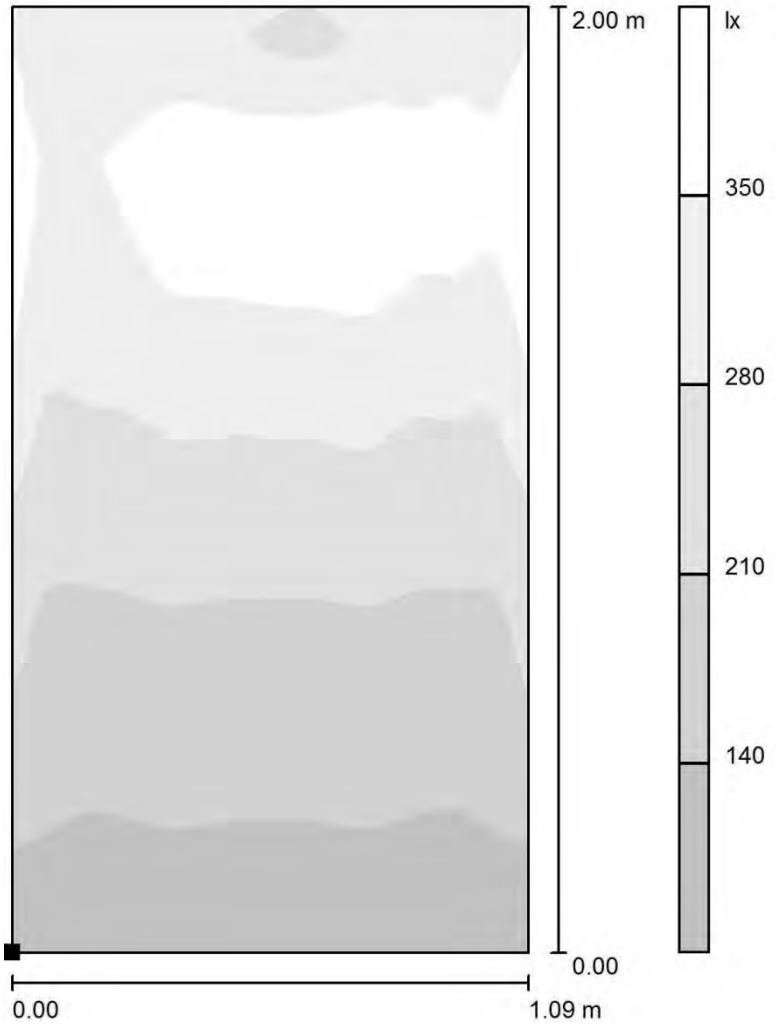


Fig VI.72 Escala de grises pared 1con dos tubos led y uno apagado.

Escala de valores en pared 1 Fig VI.73

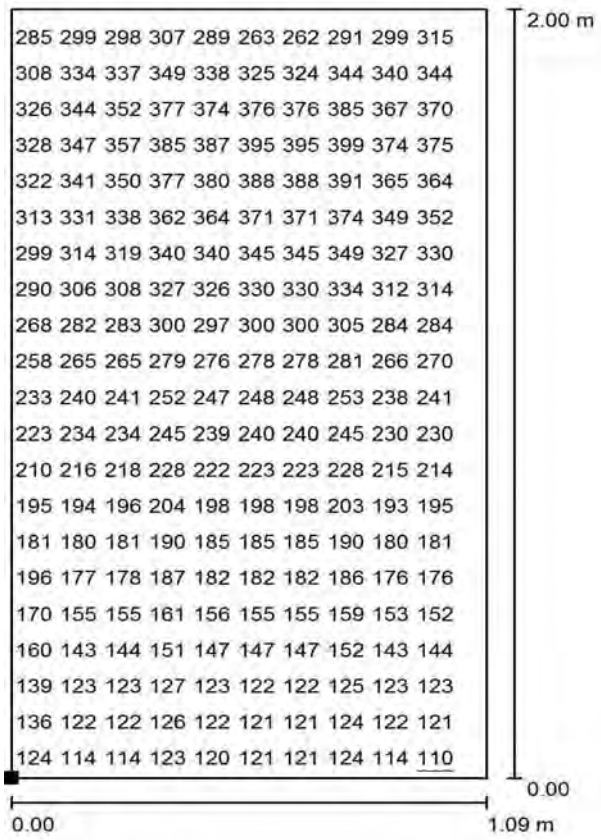


Fig VI.73 Escala de valores pared 1con dos tubos led y uno apagado.

En la Tabla VI 44 se muestran los resultados de los valores en la pared 1.

Tabla VI 44 Valores en la pared 1 con dos tubos led y uno de ellos apagado.

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
252	110	415	0.437	0.266

Isolíneas pared 2 Fig VI.73 y Fig VI.74

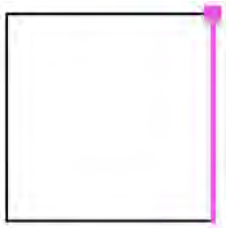


Fig VI.73 Pared 2 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

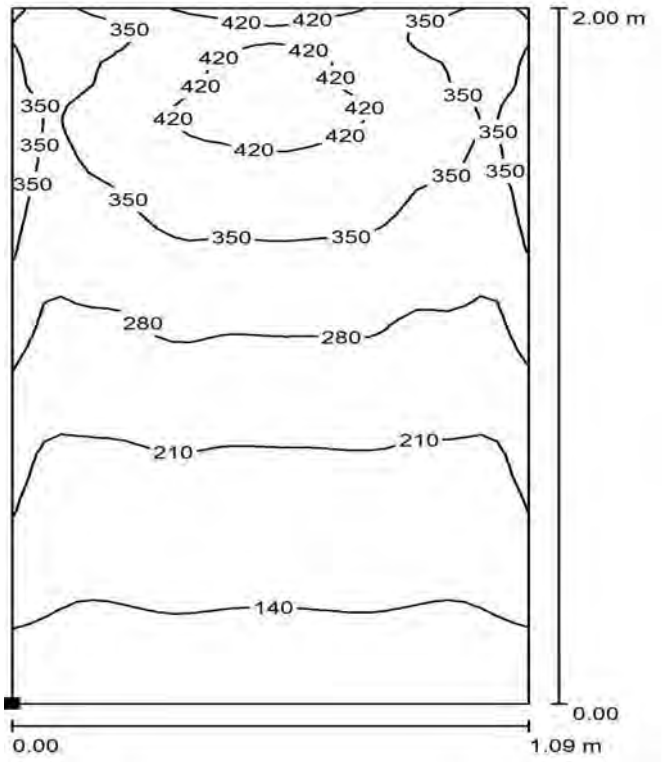


Fig VI.74 Isolíneas en pared 2 con dos tubos led y uno apagado.

Escala de grises pared 2 Fig VI.75

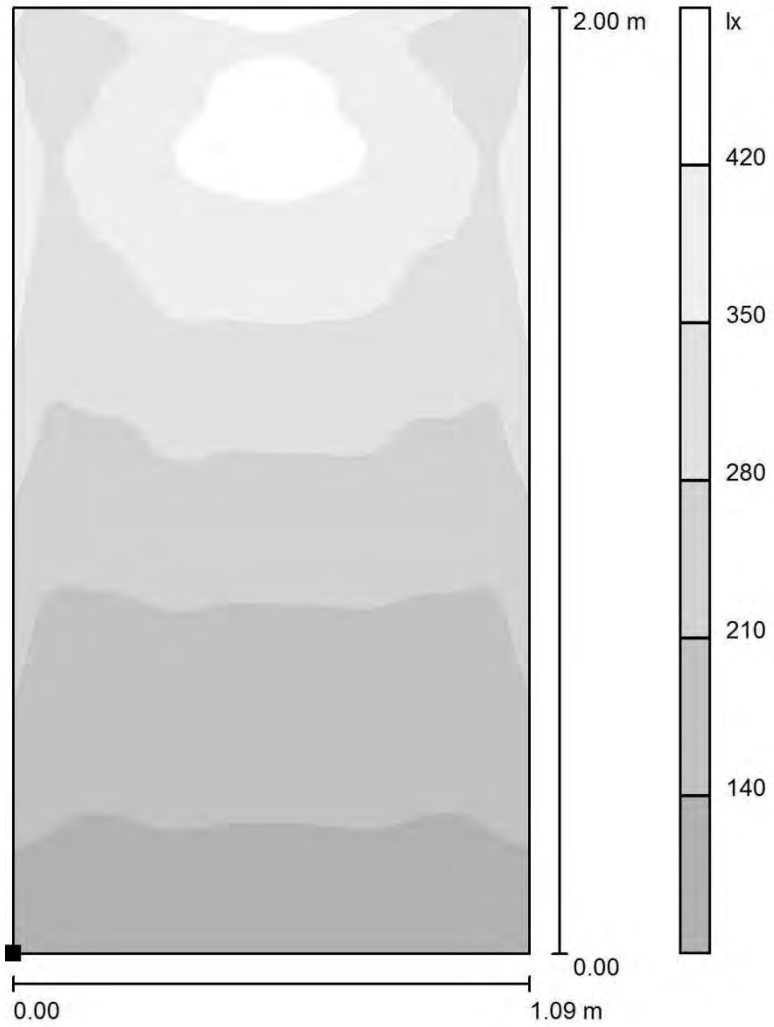


Fig VI.75 Escala de grises pared 2 con dos tubos led y uno apagado.

Escala de valores pared 2 Fig VI.76

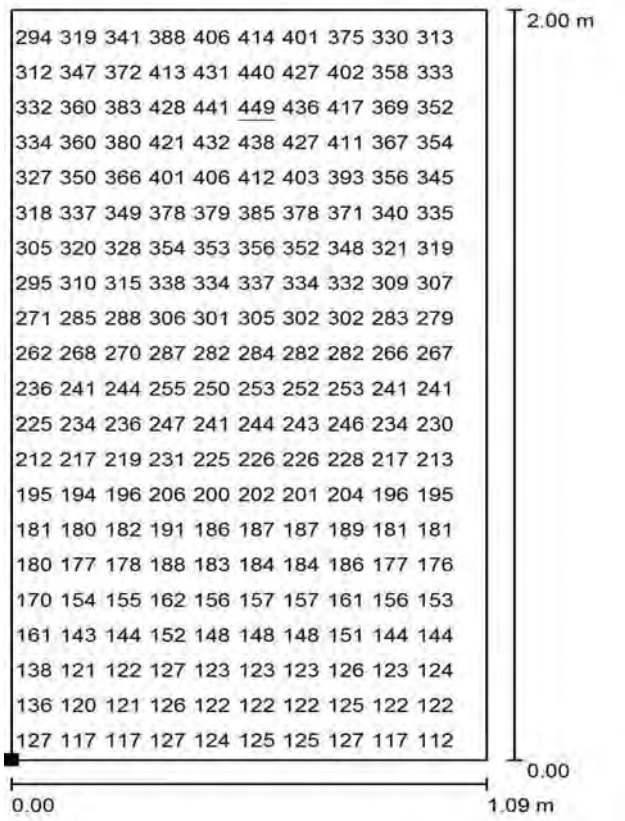


Fig VI.76 Escala de valores pared 2 con dos tubos led y uno apagado.

En la Tabla VI 45 se muestran los resultados de los valores en la pared 2.

Tabla VI 45 Valores en la pared 2 con dos tubos led y uno de ellos apagado.

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
262	110	449	0.419	0.245

Isolíneas pared 3 Fig VI.77 y Fig VI.78

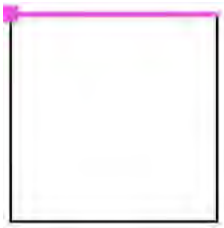


Fig VI.77 Pared 3 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

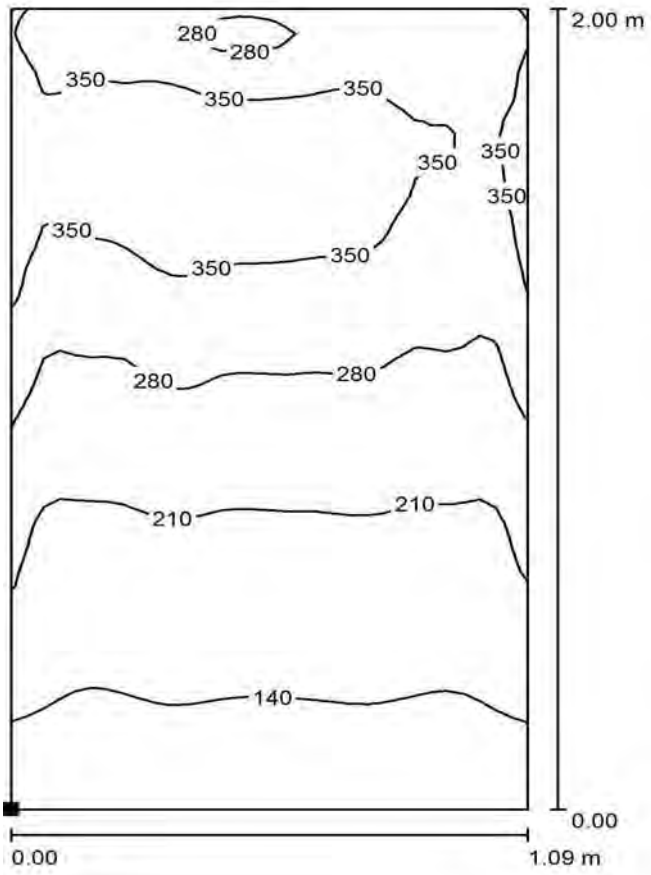


Fig VI.78 Isolíneas en pared 3 con dos tubos led y uno apagado.

Escala de grises pared 3 Fig VI.79

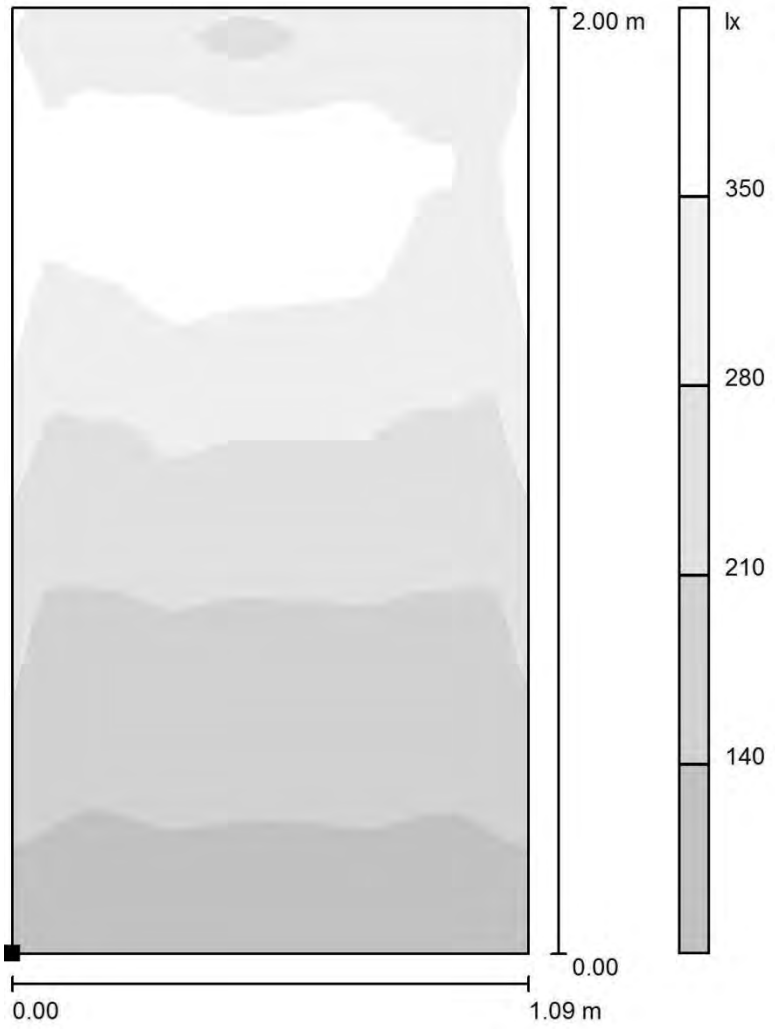


Fig VI.79 Escala de grises pared 3 con dos tubos led y uno apagado.

Escala de valores pared 3 Fig VI.80

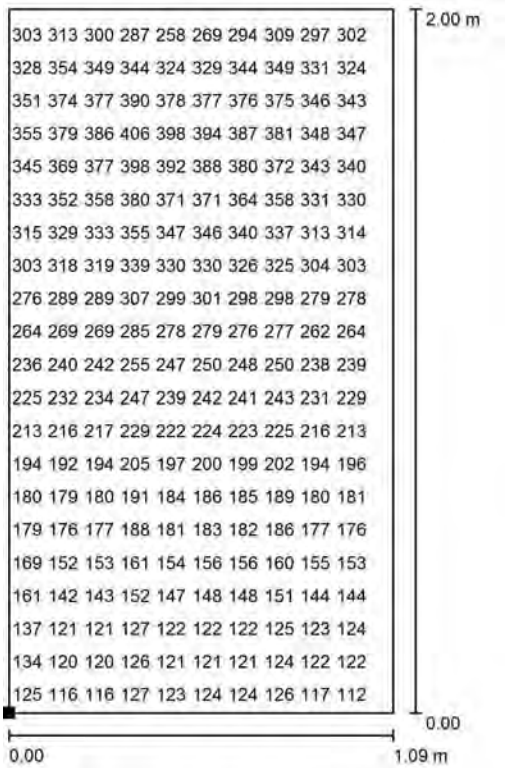


Fig VI.80 Escala de valores pared 3 con dos tubos led y uno apagado.

En la Tabla VI 46 se muestran los resultados de los valores en la pared 3.

Tabla VI 46 Valores en la pared 3 con dos tubos led y uno de ellos apagado.

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
253	109	423	0.430	0.258

Isolíneas pared 4 Fig VI.81 y Fig VI.82

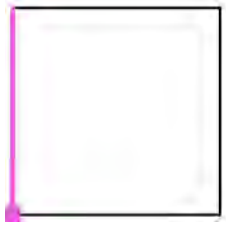


Fig VI.81 Pared 4 para dos tubos led y uno de ellos apagado.

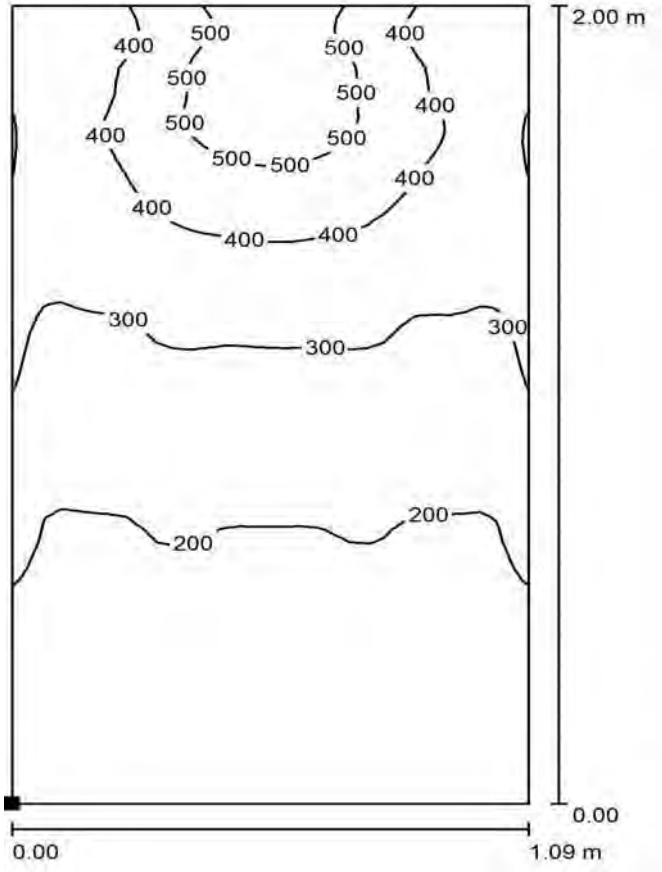


Fig VI.82 Isolíneas en pared 4 con dos tubos led y uno apagado.

Escala de grises de pared 4 Fig VI.83

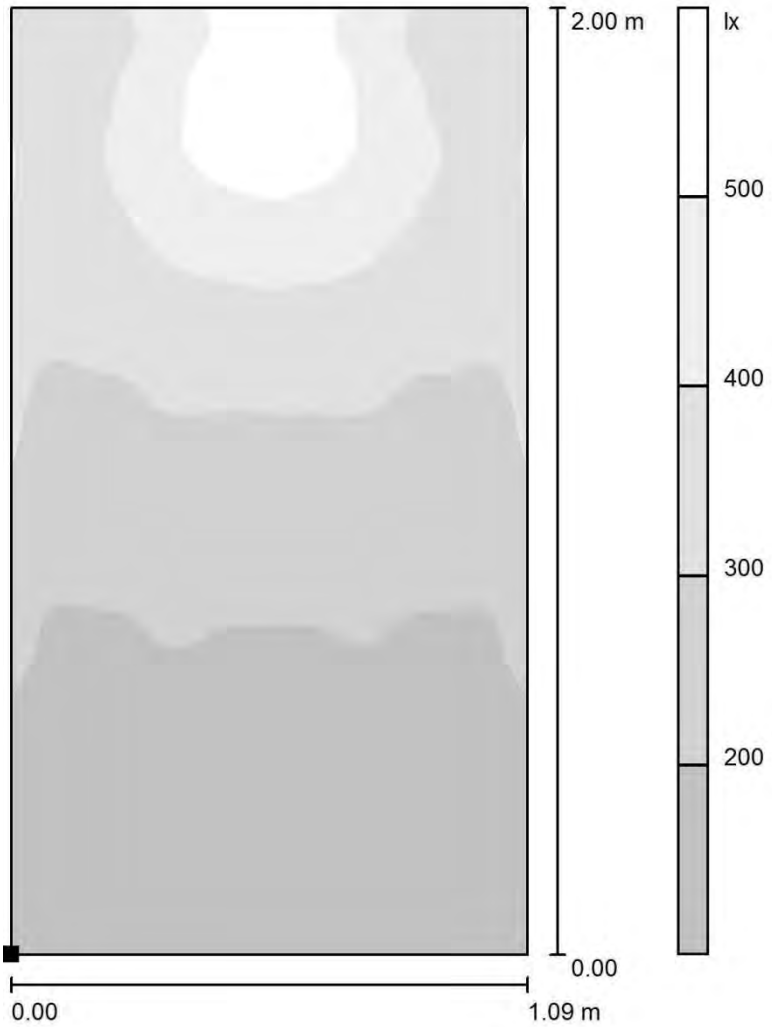


Fig VI.83 Escala de grises pared 4 con dos tubos led y uno apagado.

Escala de valores pared 4 Fig VI.84

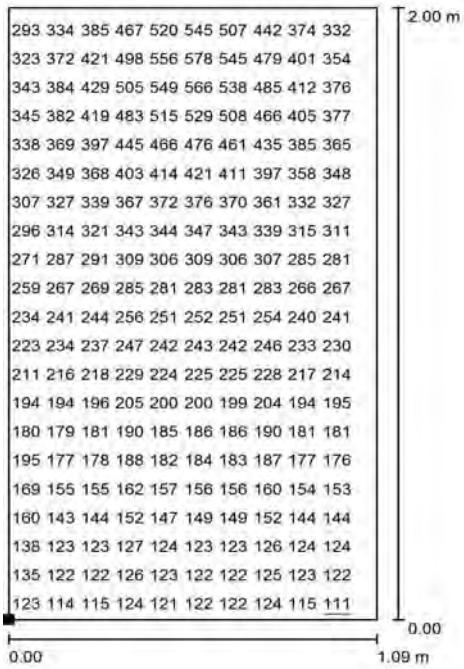


Fig VI.84 Escala de valores pared 4 con dos tubos led y uno apagado.

En la Tabla VI 47 se muestran los resultados de los valores en la pared 3.

Tabla VI 47 Valores en la pared 4 con dos tubos led y uno de ellos apagado.

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
277	111	580	0.401	0.192

6.9.3.1.2 Con lámpara dicroica

En este caso se estudiará con una de las lámparas dicroicas apagadas y la otra en funcionamiento.

PHILIPS BBG463 1xLED-40--4200-GU10

N° de artículo: 2

Flujo luminoso (Luminaria): 290 lm

Flujo luminoso (Lámparas): 290 lm

Potencia de las luminarias: 6.8 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 94 98 100 100 100

Lámpara: 1 x LED-40--4200-GU10 (Factor de corrección 1.000)

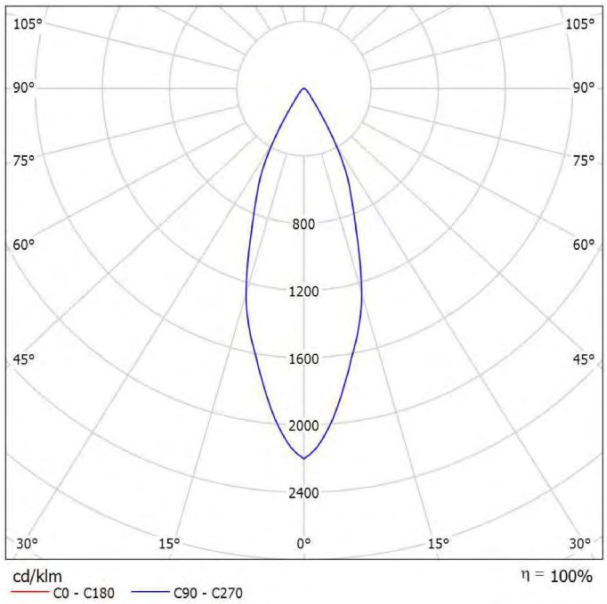


Fig VI.26 Dicroica y Curva Fotométrica. Fuente :[33]

Datos de la medición Fig VI.85, Tabla VI 48 y Tabla VI 49

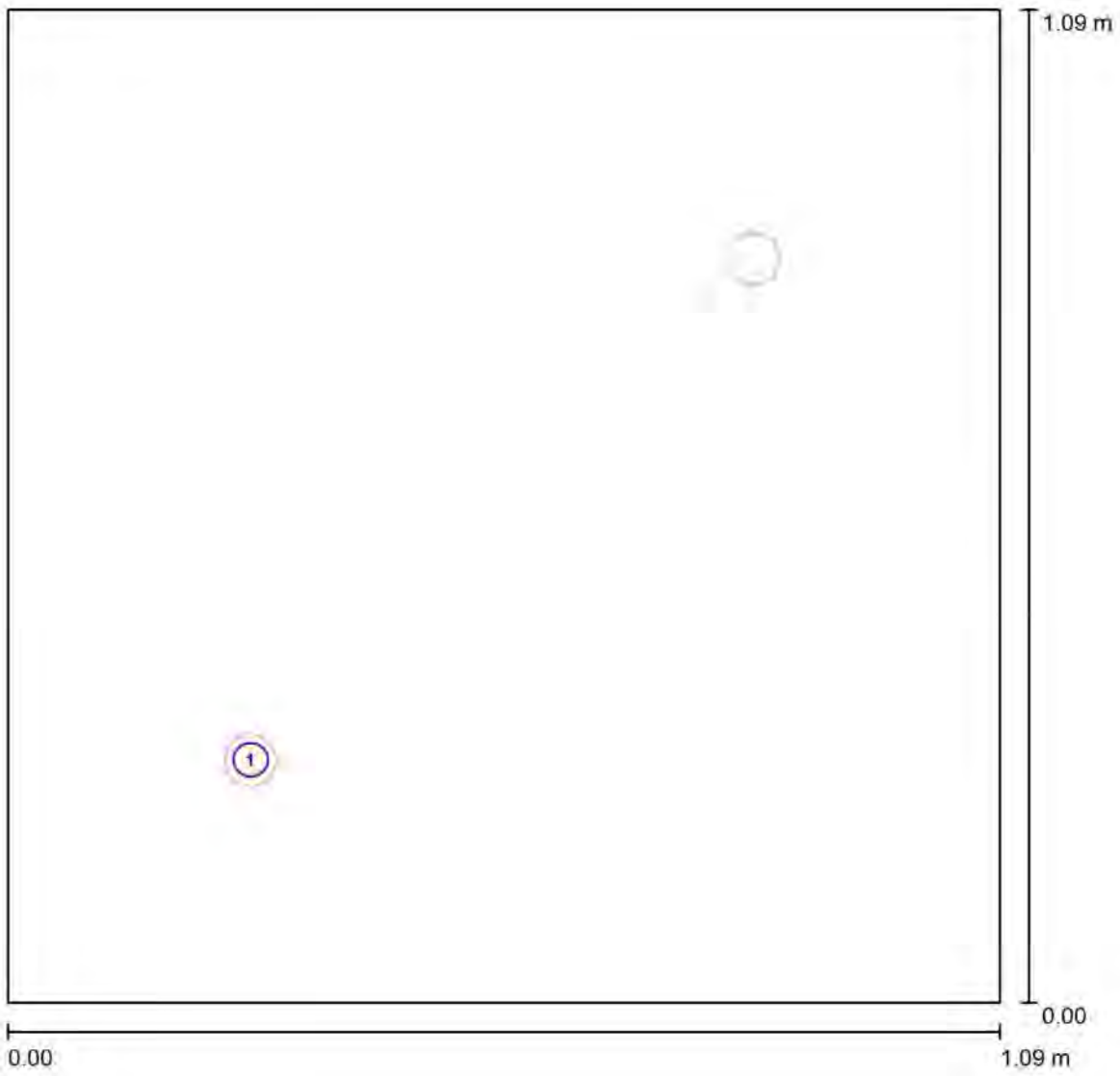


Fig VI.85 Datos de la instalación con dos dicroicas y una de ellas apagada.

Resultados Fig VI.86, Tabla VI 48 y Tabla VI 49

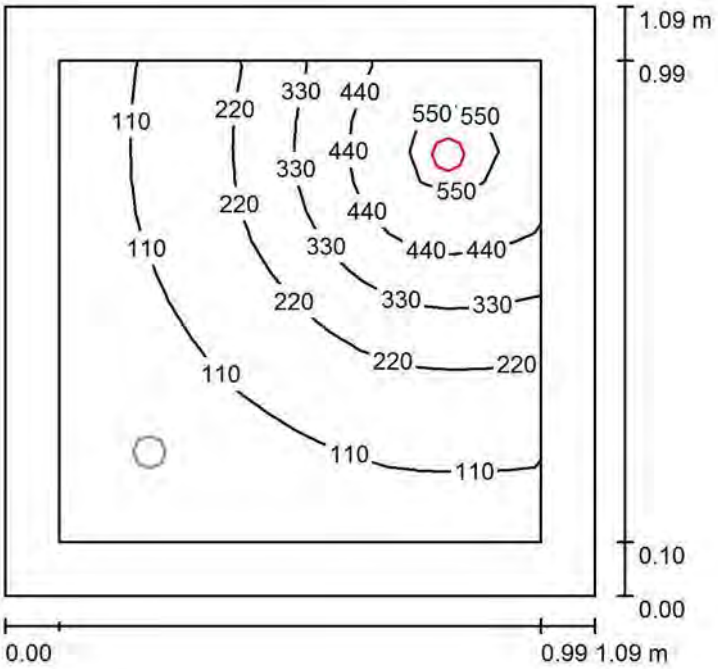


Fig VI.86 Isolíneas a un metro de altura con dos dicroicas y una de ellas apagada.

Tabla VI 48 Resultados de la medición a 1m de altura con dos dicroicas y una apagada

Altura del local: 2.000 m, Altura de montaje: 2.000 m, Valores en Lux, Escala 1:14
Factor mantenimiento: 0.80

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min}/E_m
Plano útil	/	216	61	611	0.282
Suelo	20	131	69	197	0.529
Techo	70	62	51	75	0.833
Paredes (4)	87	77	46	231	/

Plano útil:

Altura:	1.000 m
Trama:	16 x 16 Puntos
Zona marginal:	0.100 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS BBG463 1xLED-40--4200-GU10 (1.000)	290	290	6.8
		Total:	290	Total: 290	6.8

Tabla VI 49 Intensidad lumínica media a 1m de altura con dos dicroicas y una apagada

Flujo luminoso total:		290 lm			
Potencia total:		6.8 W			
Factor mantenimiento:		0.80			
Zona marginal:		0.100 m			
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	148	68	216	/	/
Suelo	71	60	131	20	8.34
Techo	0.00	62	62	70	14
Pared 1	6.18	60	66	86	18
Pared 2	28	59	87	90	25
Pared 3	28	60	88	86	24
Pared 4	6.15	61	67	86	18

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m: 0.282 (1:4)

E_{min} / E_{max}: 0.100 (1:10)

Valor de eficiencia energética: 5.72 W/m² = 2.65 W/m²/100 lx (Base: 1.19 m²)

Gráfico de colores Fig VI.86

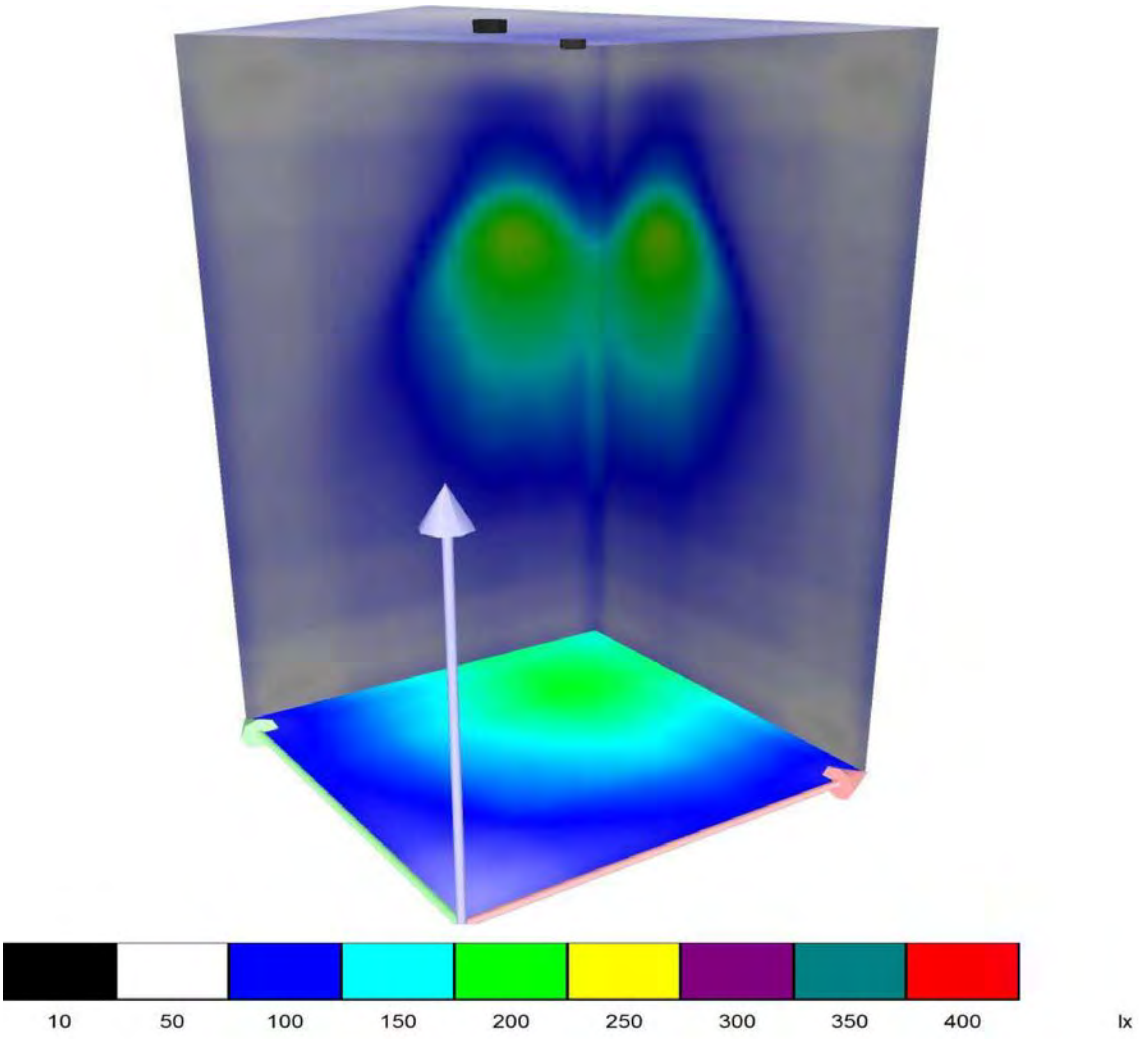


Fig VI.86 Gráfico de colores con dos dicroicas y una apagada.

Isolíneas a nivel del suelo Fig VI.87

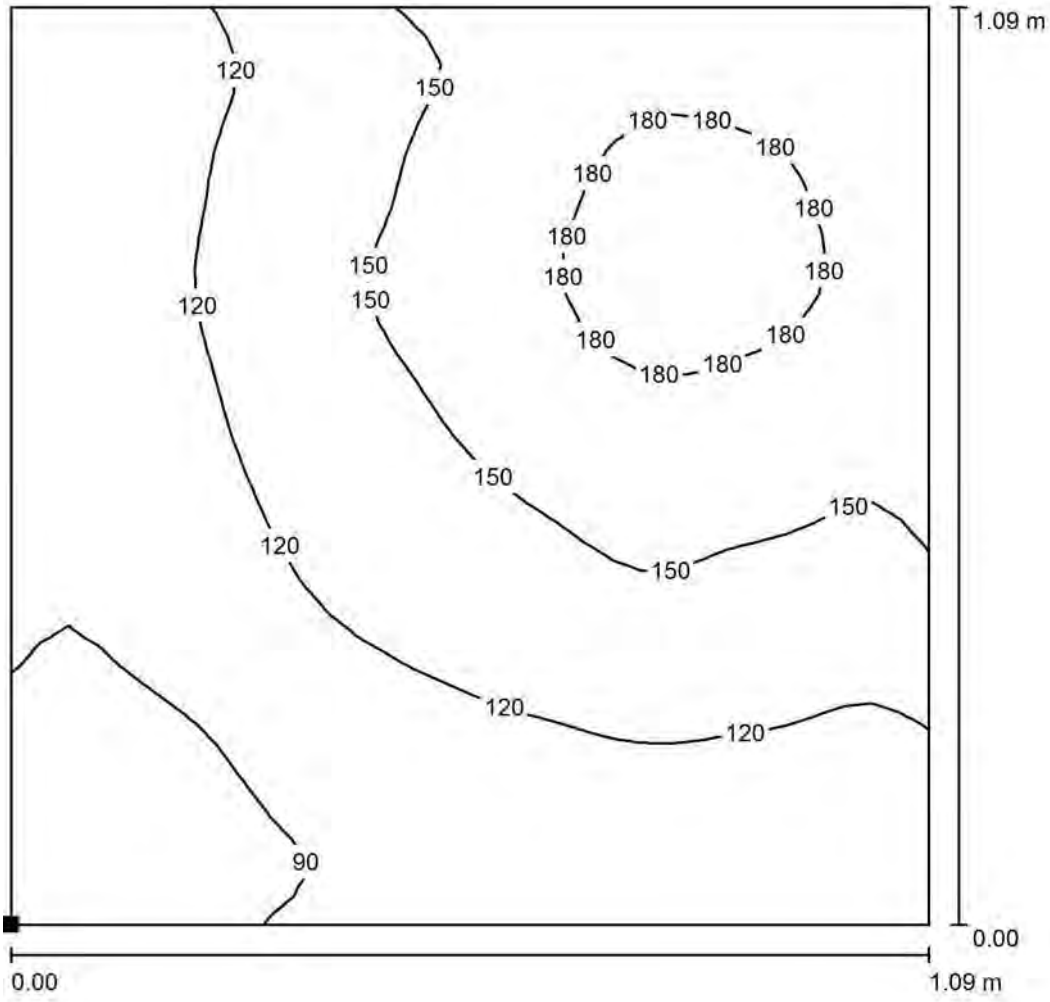


Fig VI.87 Isolíneas a nivel de suelo con dos dicroicas y una apagada.

Gama de grises a nivel del suelo Fig VI.88

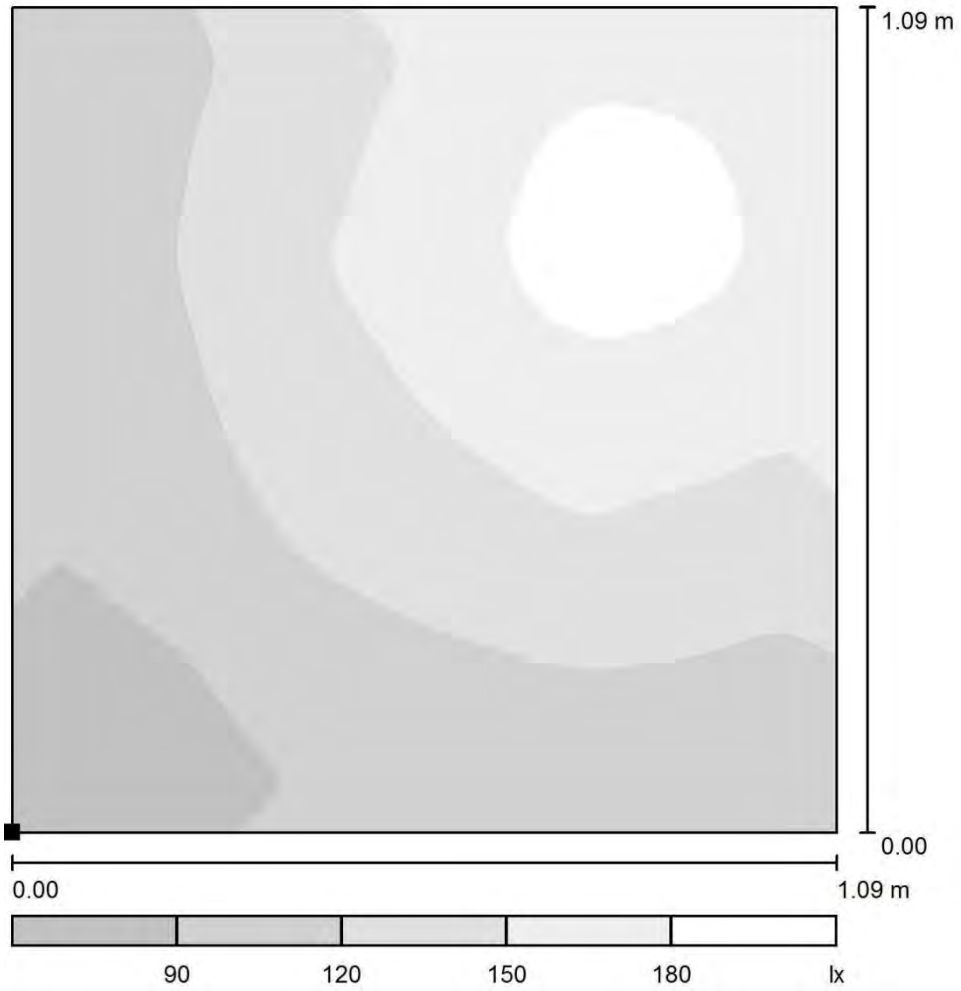


Fig VI.89 Escala de grises a nivel de suelo con dos dicroicas y una apagada.

Grafica de valores a nivel del suelo Fig VI.90

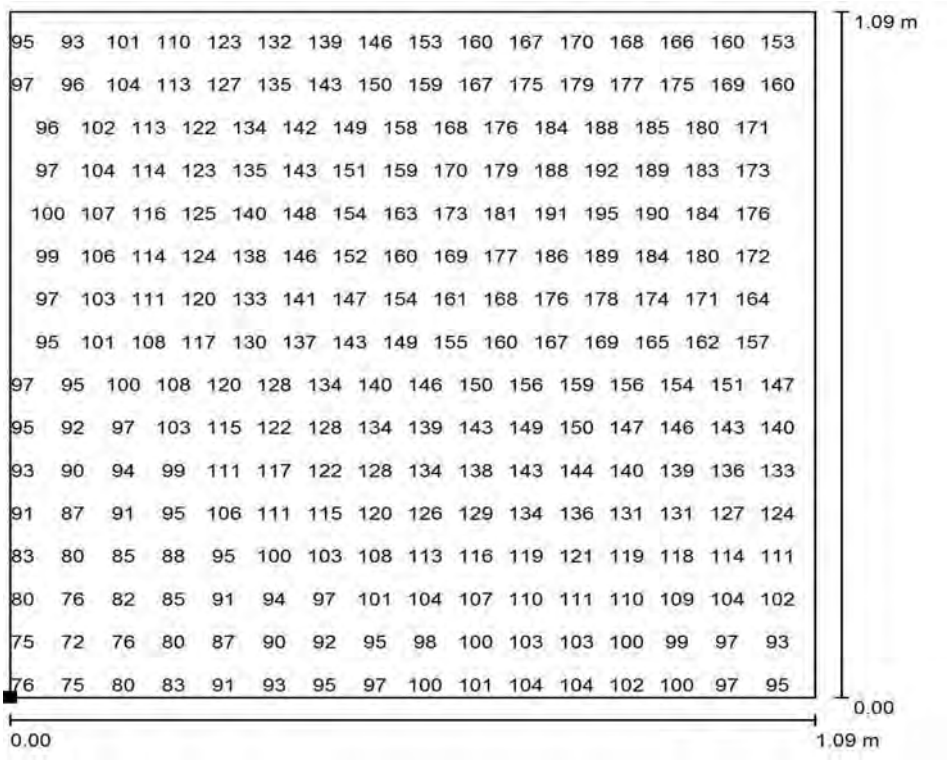


Fig VI.90 Escala de valores a nivel de suelo con dos dicroicas y una apagada.

En la Tabla VI 50 se muestran los resultados de los valores con dos dicroicas y una apagada a nivel de suelo.

Tabla VI 50 Valores a nivel de suelo con dos dicroicas y una apagada.

Trama: 32 x 32 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
131	69	197	0.529	0.352

Isolíneas de la pared 1 Fig VI.91 y Fig VI.92

Fig VI.91 Pared 1 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

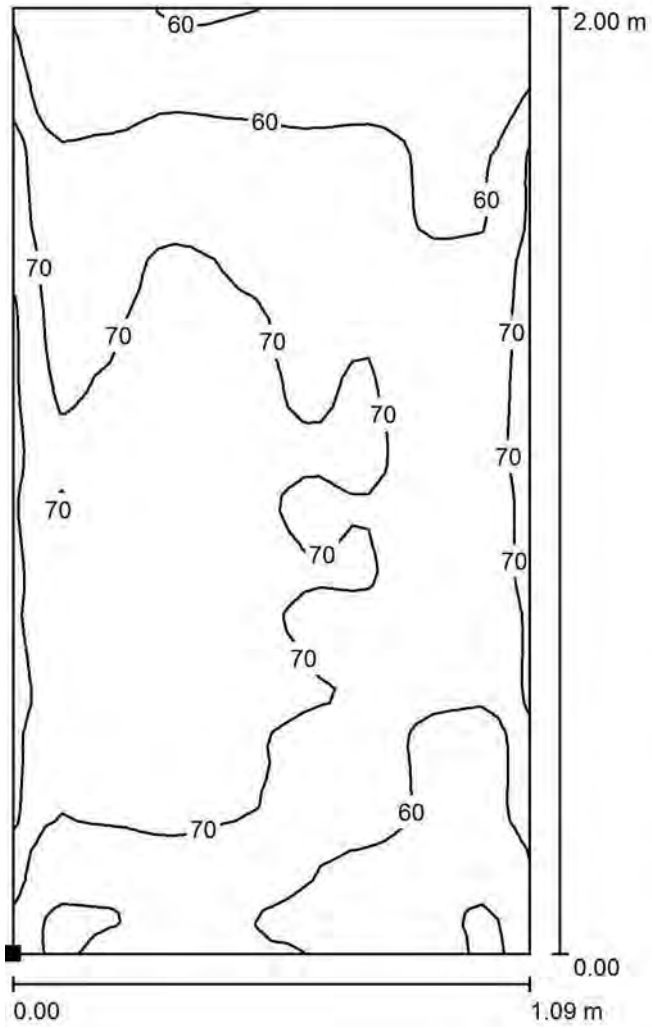


Fig VI.92 Isolíneas Pared 1 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Escala de grises de la pared 1 Fig VI.93

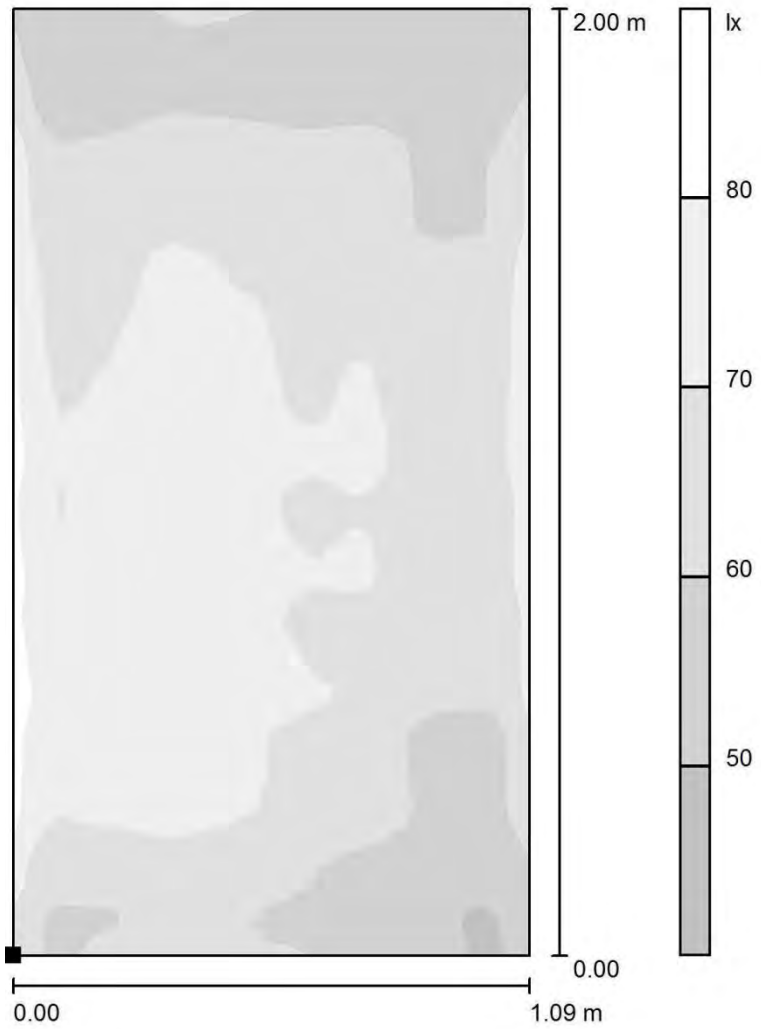


Fig VI.93 Escala de grises Pared 1 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Escala de valores en la pared 1 Fig VI.94

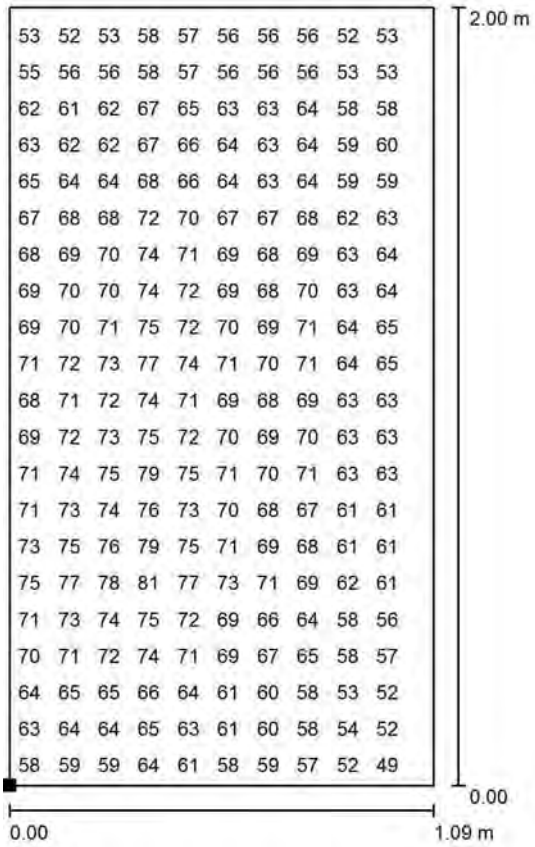


Fig VI.94 Escala de valores pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

En la Tabla VI 51 se muestran los resultados de los valores en la pared 1.

Tabla VI 51 Valores en la pared 1 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
66	47	88	0.717	0.538

Isolíneas pared 2 Fig VI.95 y Fig VI.96

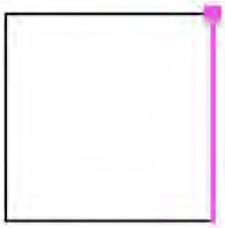


Fig VI.95 Pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

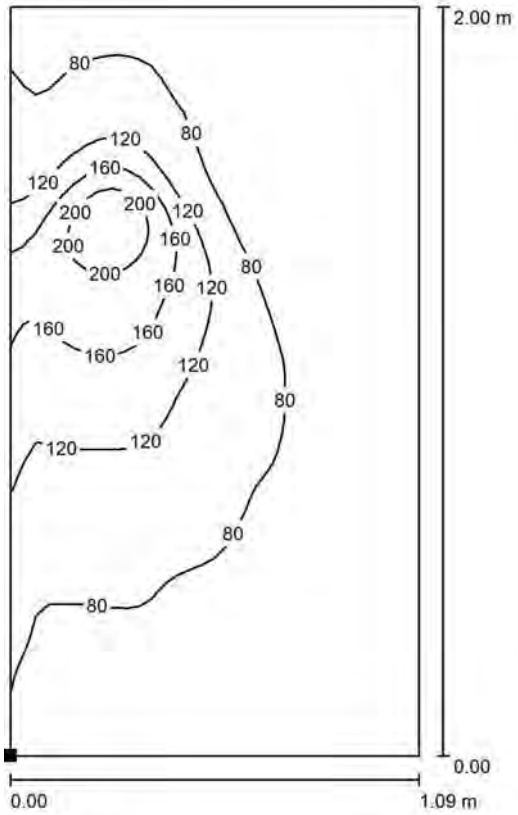


Fig VI.96 Isolíneas Pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Escala de grises pared 2 Fig VI.97

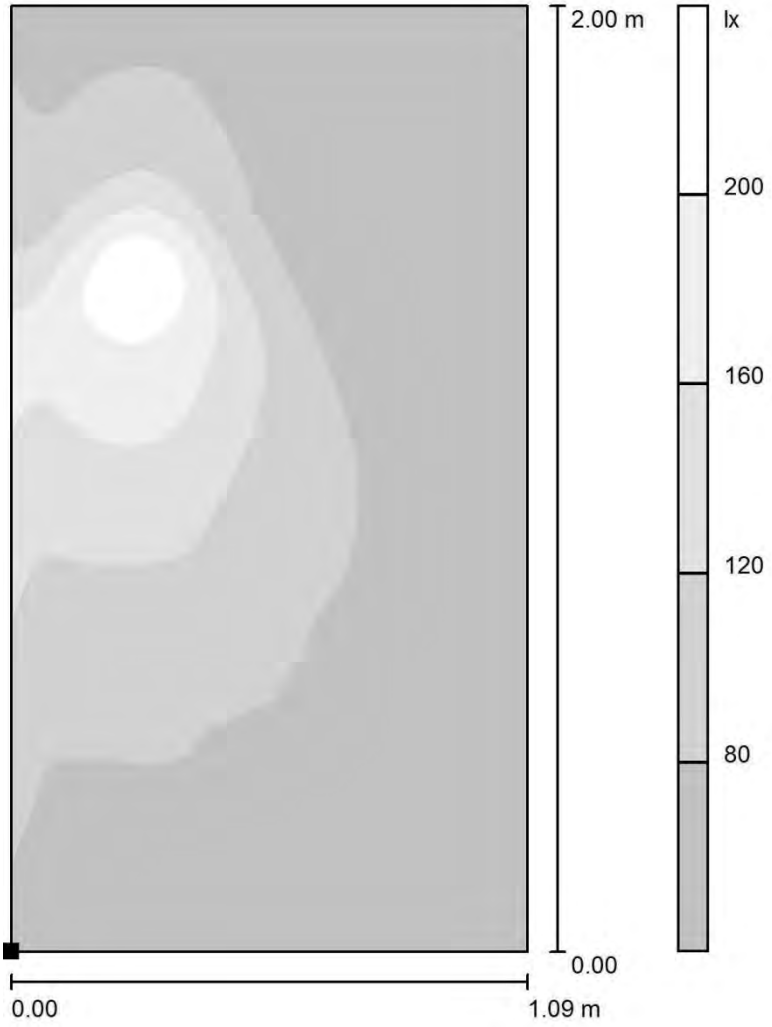


Fig VI.97 Escala de grises Pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Gráfico de valores pared 2 Fig VI.98

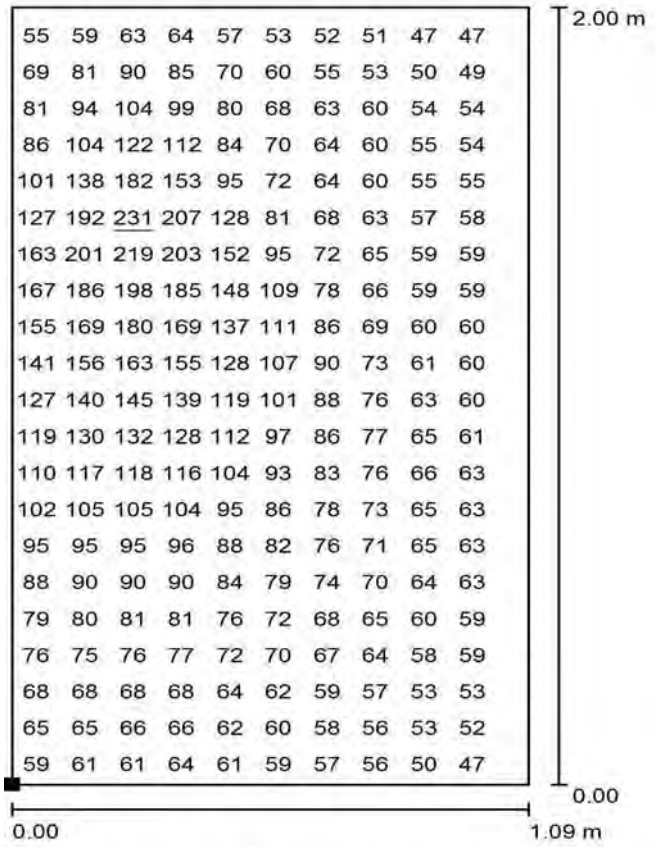


Fig VI.98 Escala de valores pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

En la Tabla VI 52 se muestran los resultados de los valores en la pared 2.

Tabla VI 52 Valores en la pared 2 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
87	46	231	0.534	0.201

Isolíneas pared 3 Fig VI.99 y Fig VI.100

Fig VI.99 Pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

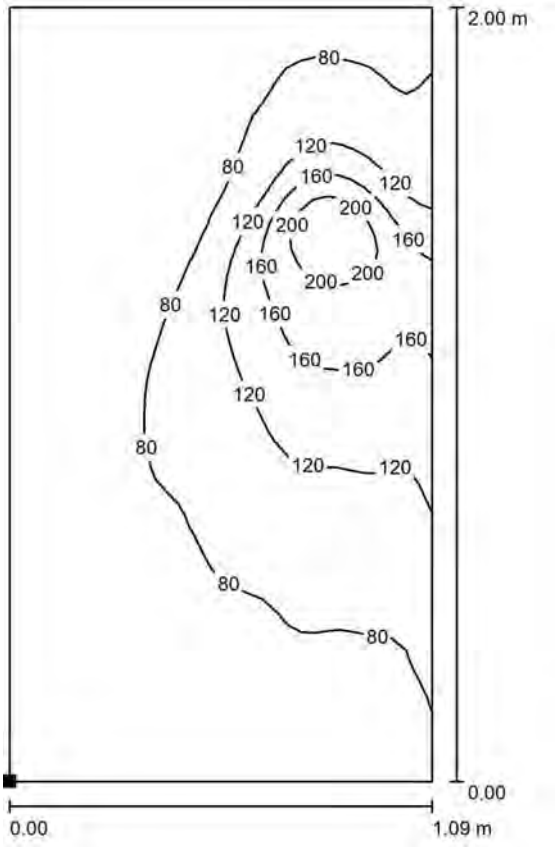


Fig VI.100 Isolíneas Pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Escala de grises pared 3 Fig VI.101

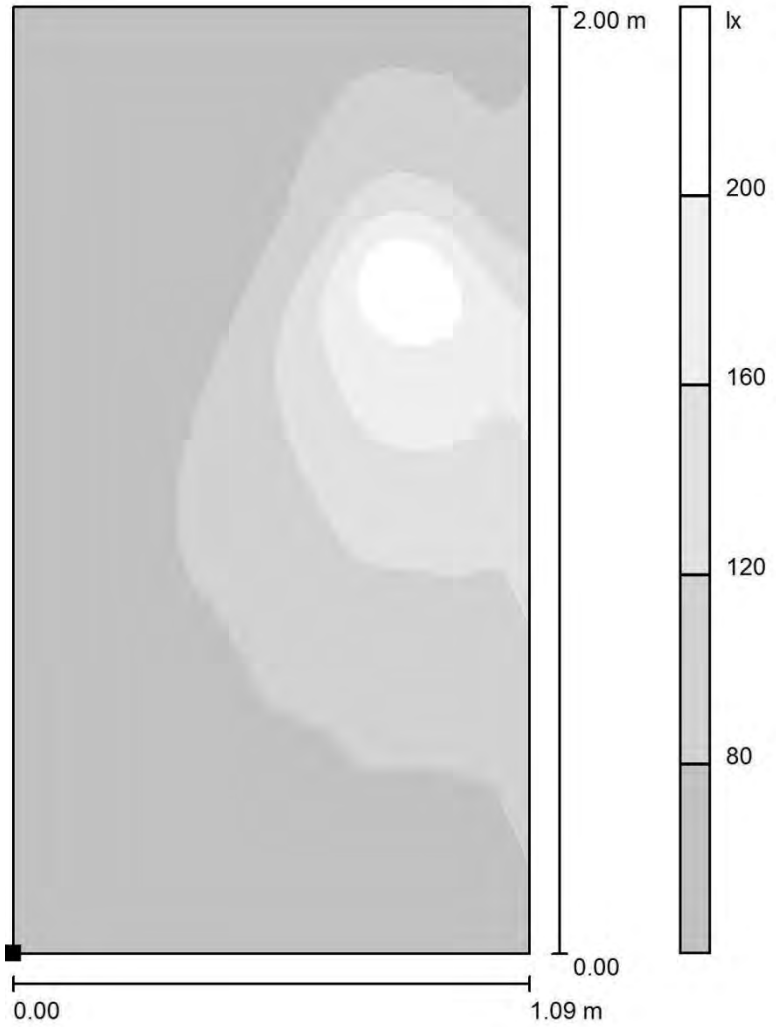


Fig VI.101 Escala de grises Pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Gráfica de valores pared 3 Fig VI.102

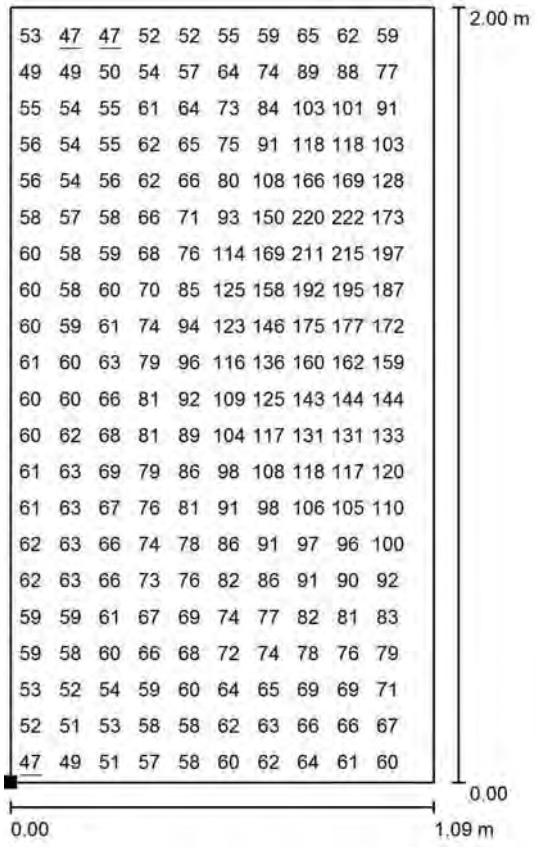


Fig VI.102 Escala de valores pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

En la Tabla VI 53 se muestran los resultados de los valores en la pared 3.

Tabla VI 53 Valores en la pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
88	47	230	0.532	0.203

Isolíneas pared 4 Fig VI.103 y Fig VI.104

Fig VI.103 Pared 4 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

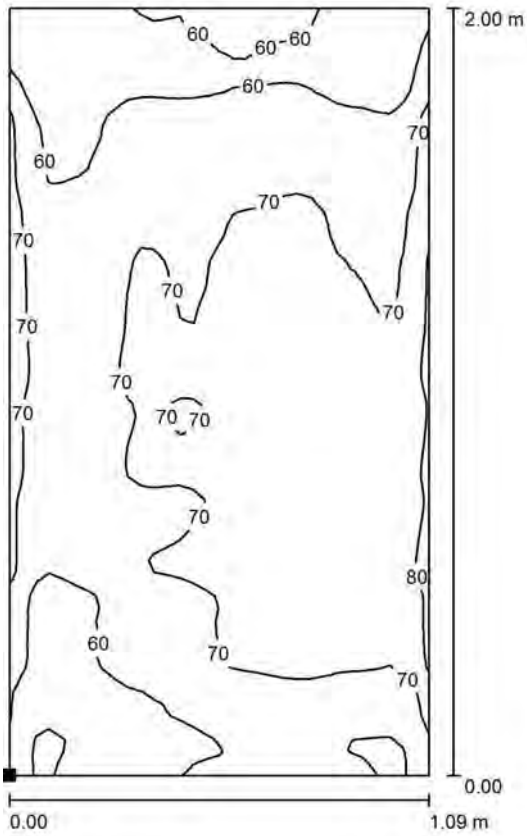


Fig VI.104 Isolíneas Pared 4 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Escala de grises pared 4 Fig VI.105

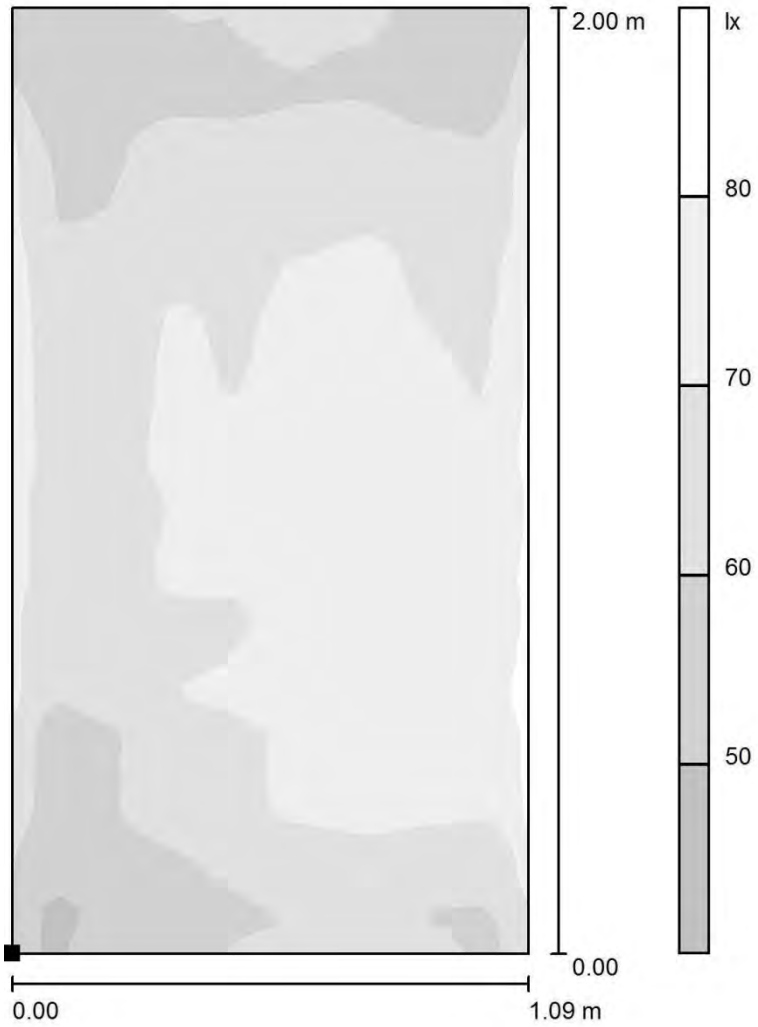


Fig VI.105 Escala de grises Pared 4 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Gráfica de valores pared 4 Fig VI.106

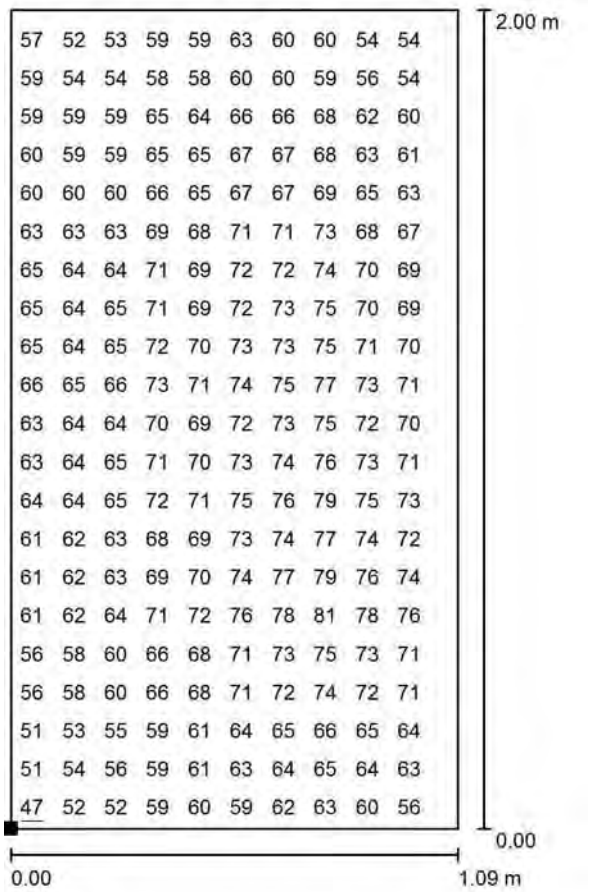


Fig VI.106 Escala de valores pared 3 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

En la Tabla VI 54 se muestran los resultados de los valores en la pared 4.

Tabla VI 54 Valores en la pared 4 para dos dicroicas y una de ellas apagada.

Trama: 32 x 64 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
67	47	87	0.707	0.544

6.9.3.2 Luminaria centrada

En estos casos estudiaremos las luminarias centradas dentro con las exigencias de la Norma UNE-EN 81-20-2015 en cuanto a valores lumínicos.

Para ello primero lo estudiaremos con una lámpara led de 600mm y luego con una lámpara dicroica.

6.9.3.2.1 Lámpara led de 600mm

1 Pieza PHILIPS
N° de artículos: 2
Flujo luminoso (Luminaria): 750 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 750 lm
Potencia de las luminarias: 9.9 W
Clasificación luminarias según CIE: 85
Código CIE Flux: 37 66 86 85 100
Lámpara: 1 x 9290002979 (Factor de corrección 1.000).

Fig VI.7 Tubo led. Fuente :[33]

Resultados a 1m Fig VI.107, Tabla VI 55 y Tabla VI 56

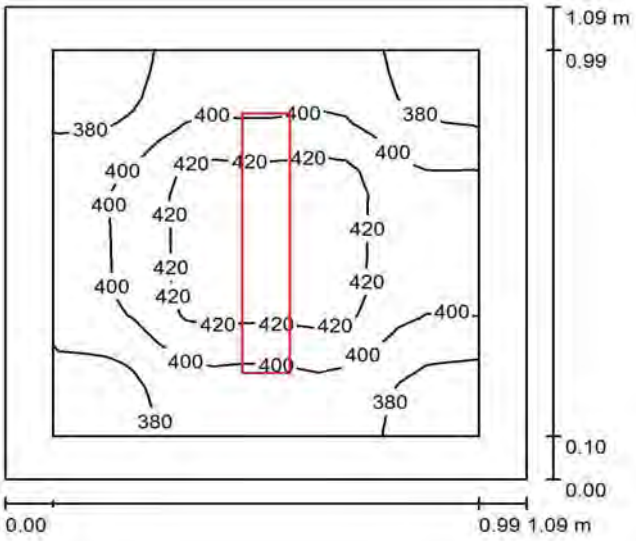


Fig VI.107 Isolíneas con un tubo led a 1m.

Tabla VI 55 Resultado con un tubo led a 1m de altura.

Altura del local: 2.000 m, Altura de montaje: 2.000 m, Factor mantenimiento: 0.80					Valores en Lux, Escala 1:14	
Superficie		ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil		/	400	364	437	0.911
Suelo		20	197	171	216	0.866
Techo		70	334	237	1374	0.710
Paredes (4)		87	260	108	497	/
Plano útil:						
Altura:		1.000 m				
Trama:		16 x 16 Puntos				
Zona marginal:		0.100 m				
Lista de piezas - Luminarias						
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)		Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS (1.000)		750	750	9.9
				Total: 750	Total: 750	9.9

Tabla VI 56 Intensidad lumínica media con un tubo led a 1m de altura.

Flujo luminoso total:		750 lm			
Potencia total:		9.9 W			
Factor mantenimiento:		0.80			
Zona marginal:		0.100 m			
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	118	282	400	/	/
Suelo	33	165	197	20	13
Techo	63	271	334	70	74
Pared 1	47	205	252	86	69
Pared 2	65	202	267	90	76
Pared 3	48	206	254	86	69
Pared 4	64	204	269	86	74

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m: 0.911 (1:1)

E_{min} / E_{max}: 0.834 (1:1)

Valor de eficiencia energética: 8.33 W/m² = 2.08 W/m²/100 lx (Base: 1.19 m²)

Isolíneas a nivel del suelo Fig VI.108

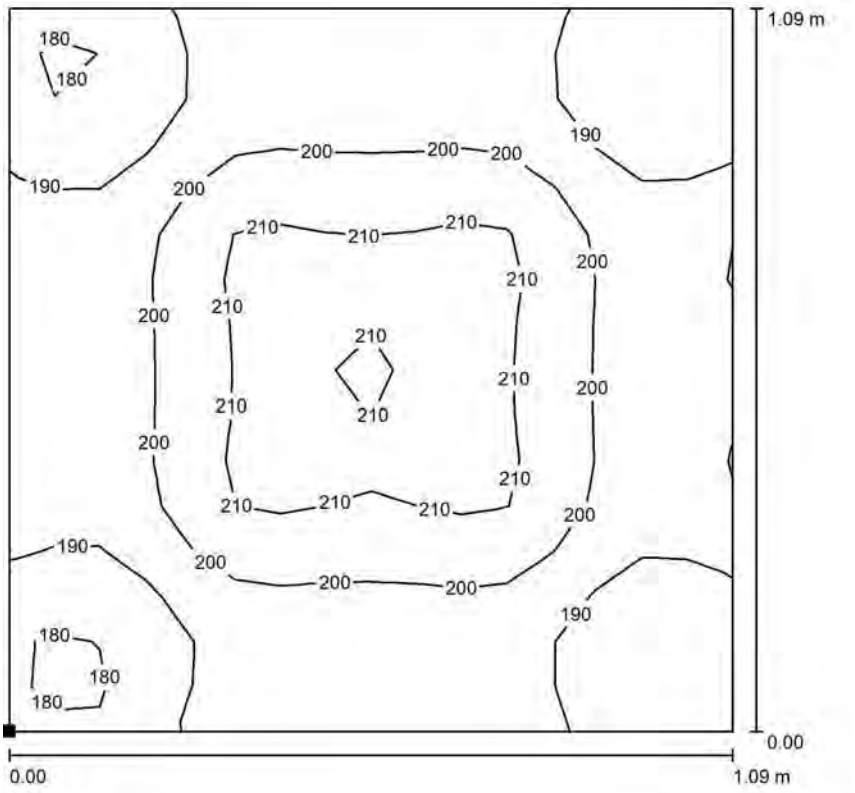


Fig VI.108 Isolíneas a nivel de suelo con un tubo led.

Tabla VI 57 Resumen a nivel de suelo con un tubo led.

Trama: 16 x 16 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
197	171	216	0.866	0.793

Como se puede apreciar en la Tabla VI 57 los valores son iguales al proyecto 1, siendo las gráficas iguales.

6.9.3.2.2 Lámpara dicroica

PHILIPS BBG463 1xLED-40--4200-GU10

N° de artículo: 2

Flujo luminoso (Luminaria): 290 lm

Flujo luminoso (Lámparas): 290 lm

Potencia de las luminarias: 6.8 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 94 98 100 100 100

Lámpara: 1 x LED-40--4200-GU10 (Factor de corrección 1.000)

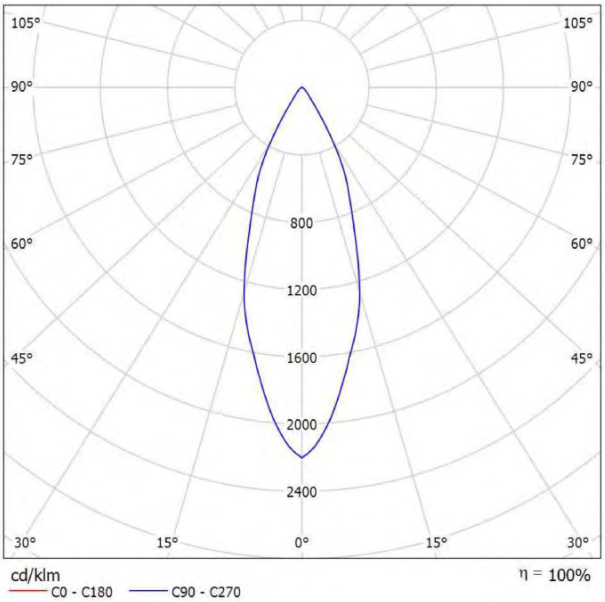


Fig VI.26 Dicroica y Curva Fotométrica. Fuente :[33]

Resultados a 1 m Fig VI.109, Tabla VI 58 y Tabla VI 59

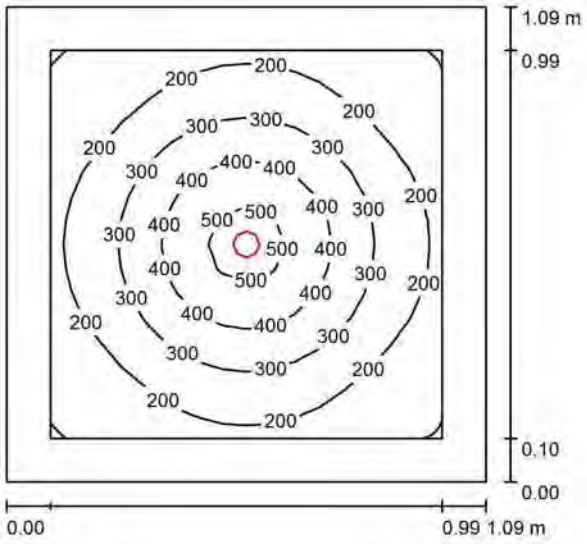


Fig VI.109 Isolíneas con una dicroica de led a 1m.

Tabla VI 58 Resultado con una dicroica de led a 1m de altura.

Altura del local: 2.000 m, Altura de montaje: 2.000 m, Factor de mantenimiento: 0.80						Valores en Lux, Escala 1:14		
Superficie		ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]		E_{min} / E_m	
Plano útil		/	268	99	562		0.369	
Suelo		20	145	100	190		0.687	
Techo		70	48	41	54		0.860	
Paredes (4)		87	68	37	98		/	
Plano útil:								
Altura:		1.000 m						
Trama:		16 x 16 Puntos						
Zona marginal:		0.100 m						
Lista de piezas - Luminarias								
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)		Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]		P [W]	
1	1	PHILIPS BBG463 1xLED-40--4200-GU10 (1.000)		290		290	6.8	
			Total:	290	Total:	290	6.8	

Tabla VI .59 Intensidad lumínica media con una dicroica de led a 1m de altura.

Flujo luminoso total:		290 lm			
Potencia total:		6.8 W			
Factor mantenimiento:		0.80			
Zona marginal:		0.100 m			
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	219	48	268	/	/
Suelo	85	61	145	20	9.26
Techo	0.00	48	48	70	11
Pared 1	15	53	68	86	19
Pared 2	15	52	67	90	19
Pared 3	15	53	68	86	19
Pared 4	15	53	68	86	19

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m: 0.369 (1:3)

E_{min} / E_{max}: 0.176 (1:6)

Valor de eficiencia energética: 5.72 W/m² = 2.14 W/m²/100 lx (Base: 1.19 m²)

Isolíneas a nivel del suelo Fig VI.110

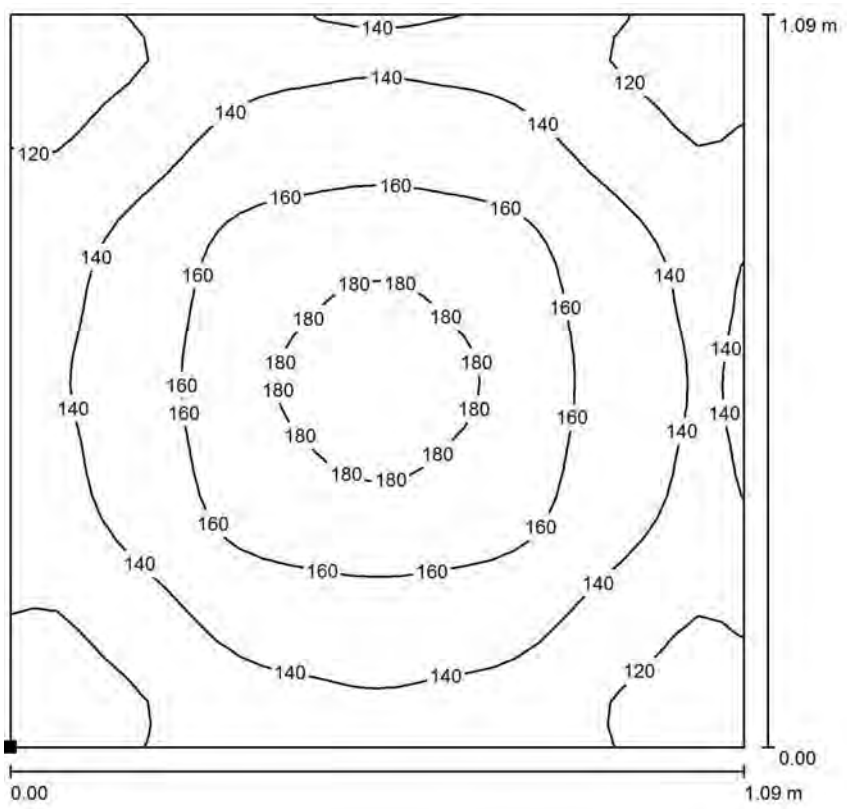


Fig VI.110 Isolíneas a nivel de suelo con una dicroica de led.

Tabla VI. 60 Resumen a nivel de suelo con una dicroica de led.

Trama: 32 x 32 Puntos				
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
145	100	190	0.687	0.526

Como se puede apreciar en la Tabla VI. 60 los valores son iguales al proyecto 2, siendo las gráficas iguales.

6.10 Conclusiones lumínicas

Tras los estudios realizados en busca de la optimización energética y cumplimiento del nivel lumínico requerido podemos ver que la luminaria más adecuada para la instalación en ascensores son los tubos de led.

Como hemos podido ver en los datos las luminarias dicroicas tienen el problema de no difundir la luz con ángulos grandes, lo cual hace que a determinadas alturas no se alcance el nivel lumínico menores de 50 lux, también dependiendo de la colocación de la luminaria como hemos podido observar en uno de los estudios a nivel del suelo no se alcanza el nivel lumínico de 50 lux.

Bien es cierto que la luminaria dicroica centrada cumpliría con las dos normas UNE a nivel lumínico requerido pero no la parte en la que habla del requerimiento de dos lámparas conectadas en paralelo, por tanto con este tipo de luminaria se requeriría un mínimo de cuatro para una iluminación mas homogénea.

Por otro lado vemos que los tubos led cumplen con el requerimiento de las dos normas UNE funcionado los dos en paralelo o simulando que uno de ellos no funciona. Se puede apreciar que los tubos iluminan de una forma más homogénea la cabina evitando sombras y deslumbramientos.

Comentar que el aumento en el nivel de luxes y la colocación de dos lámparas en paralelo trabajando, se ve innecesario, ya que con cincuenta luxes es más que suficiente para una cabina de ascensor, el uso que se hace de ella es el mero trasporte a plantas o niveles diferentes, siendo con 50 lux suficiente para ver los botones de mando. La colocación de dos lámparas en paralelo con la tecnología actual se hace también innecesario ya que se puede hacer un sistema de control que si una de las lámparas falla la otra lámpara funcione consiguiendo un ahorro.

6.11 Maniobras

La mayor parte del consumo de los ascensores cuando se ponen en funcionamiento es producido por el arranque. Esto es debido general mente al desequilibrio de las cargas, es decir cuanto mas desequilibrio hay entre el contrapeso y la cabina mayor pico de arranque.

Para saber que maniobra hay que poner hay que tener una serie de factores esenciales como: la proximidad del orden de llamada, sentido de marcha y capacidad de la cabina (en kg).

En la actualidad las maniobras más conocidas en función del número de ascensores implicados, teniendo en cuenta la tipología de nuestro parque de ascensores son:

- Para un solo ascensor:
    - Maniobra simple
    - Maniobra colectiva simple de bajada
    - Maniobra colectiva simple de bajada y subida o selectivas
- Para varios ascensores
    - Maniobra combinado o duplo
    - Maniobra dúplex
    - Maniobra dúplex colectiva en bajada
    - Maniobra dúplex colectiva en subida y bajadas o selectivas

Cuando hablamos de simple nos referimos a un ascensor, y cuando hablamos de dúplex nos referimos a dos ascensores que comparten hueco o huecos adyacentes o cercanos que sirven a las mimas plantas o rellanos, por tanto si nos referimos a tres ascensores serán triplex y si son cuatro cuádruplex…..

6.11.1 Maniobra simple

Esta maniobra consisten en que se registra una llamada y se atiende, hasta que no se acaba el servicio de la llamada no se atiende otra.

Esta es la maniobra que más utilizan nuestro parque de ascensores, ya que es la maniobra mas vieja, estando ya desfasada, aumentando el consumo del ascensor por no contrarrestar en la mayoría de los viajes el peso del contrapeso.

6.11.2 Maniobra colectiva simple de bajada

Esta maniobra es la más adecuada en aquellos edificios que no existe tráfico entre plantas. Esta maniobra recoge las llamadas exteriores e interiores de a cabina, si el ascensor sube no hace caso a las llamadas exteriores, pero si el sentido de la marcha se invierte hace caso a las llamadas exteriores y va recogiendo pasajeros a lo largo del trayecto de bajada, excepto la del piso más alto del último registrado.

Esta es la maniobra más adecuada para instalar en edificios de viviendas ya que apenas hay tráfico entre plantas y la zona de entrada salida se sitúa en uno de los niveles inferiores.

Esta es la maniobra más adecuada para nuestro parque de ascensores existentes ya que mientras vamos bajando vamos contrarrestando el exceso de peso que lleva el contrapeso pudiendo lo igualar o superar en peso llegando a hacer que el motor trabaje como generador en vez de motor consumidor de energía.

6.11.3 Maniobra colectiva simple de bajada y subida o selectiva

Esta maniobra consiste en tener dos botones en las puertas del ascensor salvo en las puertas de niveles extremos. Cada botón en planta indica el sentido de marcha que va a necesitar cada futuro pasajero del ascensor. Por tanto todas las llamadas externas e internas quedan

registradas, siendo atendidas según una secuencia lógica, según el sentido del viaje del ascensor, e independientemente de la orden en que están hayan sido recibidas.

Esta maniobra es la más eficiente de las tres, pero trae un problema y es que entra en juego el factor humano (la impaciencia y el no saber cómo funciona la maniobra). En estos casos las personas suelen pulsar los dos botones, haciendo que el ascensor trabaje innecesariamente.

6.11.4 Maniobra combinada o duplo

La maniobra combinada consiste en la existencia de varios ascensores con un botón de llamada único. La finalidad de esta maniobra es que los diferentes ascensores no atiendan la misma llamada. Acudirá a la llamada el ascensor que este libre en ese momento y estando libres los dos el que no haya hecho el último viaje.

Esta maniobra es muy poco efectiva energéticamente hablando.

6.11.5 Maniobra dúplex

Esta maniobra es mucho mejor que la anterior ya que se logra un rendimiento óptimo para varios ascensores. Con esta maniobra solo existe una botonera, pero cuando se realiza la llamada acude el ascensor que más cerca está de esta.

Con esta maniobra se reducen los tiempos de espera y se aumenta la capacidad de transporte.

6.11.6 Maniobra dúplex colectivo en bajada.

Esta maniobra es la combinación de la maniobra dúplex y de la maniobra simple de bajada colectiva.

Cuando la maniobra no detecta llamada, una de las cabinas se queda en la planta de acceso y la otra cabina se queda normalmente, en el último piso servido, a menos que este haya sido la planta de acceso en cuyo caso se quedará en un piso intermedio.

6.11.7 Maniobra dúplex colectiva en subida y bajadas o selectiva

Esta maniobra es una combinación de la simple selectiva con la dúplex. La forma de aparcar las cabinas es como la maniobra anterior.

Esta es una maniobra con altas prestaciones de servicio, que están encaminadas a prestar servicio a aquellos lugares con más de dos ascensores.

Tras haber visto las diferentes maniobras lo que se suele instalar es:

Tabla VI. 60 Maniobras en función si es de vivienda o pública concurrencia. Fuente :[21][28]

Tipo de edificio	Maniobras
Viviendas	Maniobra colectiva simple de bajada Maniobra dúplex colectiva en bajada
Pública concurrencia	Maniobra colectiva simple de bajada y subida o selectivas Maniobra dúplex colectiva en subida y bajadas o selectivas

Como se ha comentado antes las maniobras más eficientes para las características del parque de ascensores serían las selectivas, pero el gran problema es la confusión que generan los dos botones y la impaciencia por coger el ascensor que haría que este hiciera viajes en vacío continuamente, que una forma de solucionar este problema sería colocar detectores de presencia que anulasen la llamada cuando no hubiera personas en espera.

CAPÍTULO 7

7 Ascensor eléctrico energéticamente mejorado con sistema de contrapeso.

7.1 Objetivo

El objetivo de la invención es la mejora energética de los modelos de ascensor existentes Fig.01.

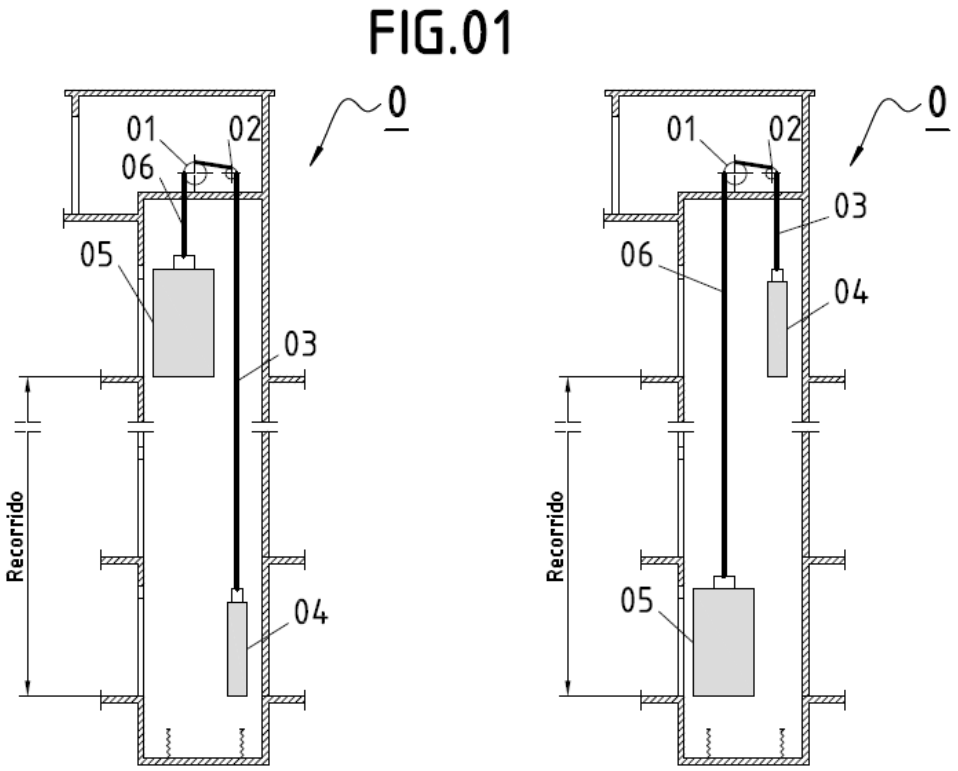


Figura VII.01 (Fig.01).- muestra unas vistas esquemáticas de funcionamiento de un ascensor eléctrico cualquiera del estado de la técnica anterior;
(01) Máquina motriz eléctrica principal;
(02) Polea auxiliar;
(03) Cable contrapeso;
(04) Contrapeso;
(05) Cabina;
(06) Cable cabina;

La invención se sitúa en el sector técnico de la ingeniería electro-mecánica y más concretamente en el relativo a la ingeniería de transporte vertical.

En cuanto a las generalidades y el estado de la técnica más próximo nos podemos encontrar diferentes tipos de ascensores eléctricos dotados de sistemas de optimización energética.

En el estado de la técnica más cercana encontramos principalmente dos modelos:

- Modelo 1: Ascensor eléctrico dotado de variador de velocidad de tipo regenerativo que cuando la máquina eléctrica motriz del ascensor funciona como motor el variador consume energía eléctrica de la red eléctrica, pero cuando funciona como generador (p.ej. cuando sube la cabina del ascensor con un número de personas inferior a la mitad de la carga máxima) el variador entrega energía eléctrica a la red eléctrica.

En la siguiente tabla Tabla VII.1 podemos encontrar una comparativa de ahorro energético.

Tabla VII.1 Comparativa energética. Fuente:[] Mitsubishi Electric página web: http://www.mitsubishielectric.com/elevator/es/overview/elevators/systems.html

Sistema de control	Ahorro
VVVF (voltaje variable y frecuencia variable) para ascensores de alta velocidad	Puede ahorrar entre el 5% y el 10% de energía, reducir el suministro de alimentación eléctrica en aprox. el 30% y mejorar el aprovechamiento del espacio en comparación con el control Thyristor-Leonard convencional.
VVVF (voltaje variable y frecuencia variable) para ascensores de velocidad bajo o media	Puede ahorrar aprox. el 50% de energía en comparación con el control de retroalimentación convencional.

- Modelo 2: Ascensor eléctrico dotado de un convertidor especial DC/DC y baterías electroquímicas que cuando la máquina eléctrica motriz del ascensor funciona como motor el variador consume energía eléctrica de las baterías, pero cuando funciona como generador (p.ej. cuando sube la cabina del ascensor con un número de personas inferior a la mitad de la carga máxima) el variador entrega energía eléctrica a las baterías Fig VII.1.

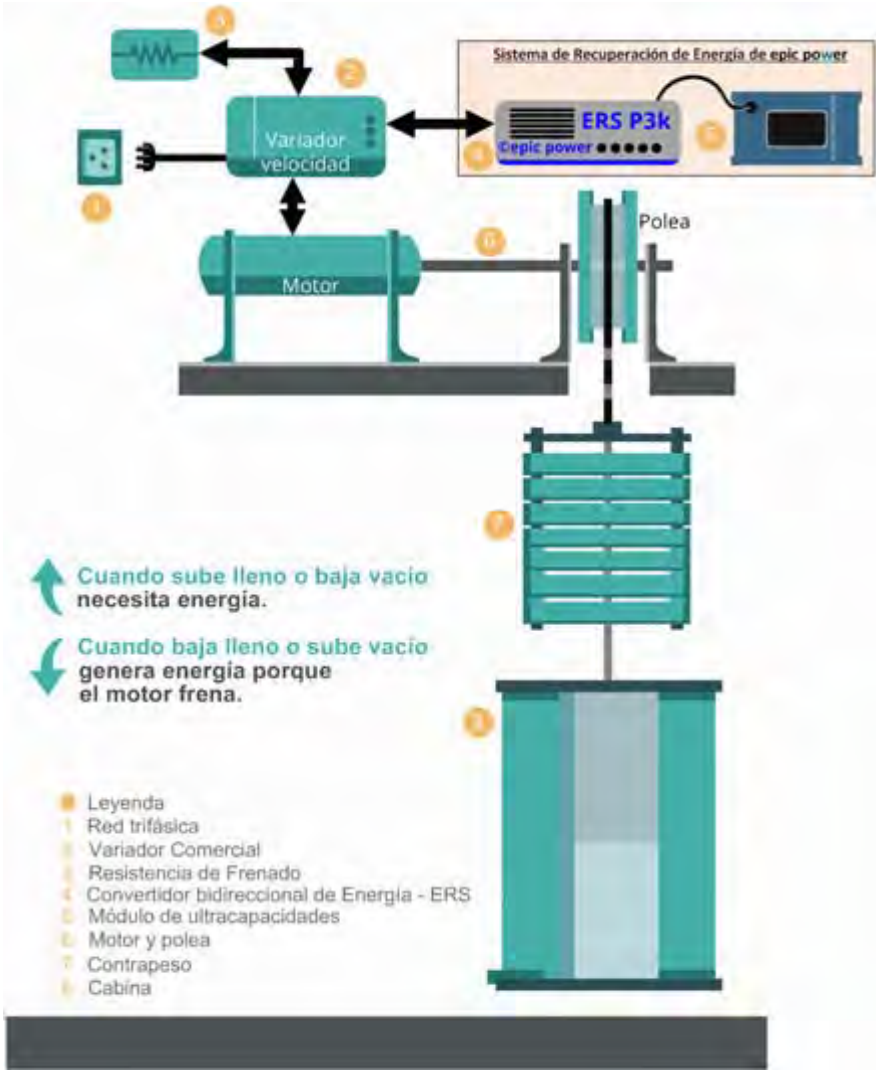


Fig VII.2 Sistema de acumulación de energía. Fuente:[] Epic Power en la página web: http://epicpower.es/

Con este sistema podemos llegar a ahorros energéticos de un 50%.

Estos modelos anteriores presentan unos problemas fundamentados en los siguientes aspectos:

- Requieren de un variador de velocidad regenerativo y de una instalación eléctrica preparada para generación para auto-consumo, cuyo principal inconveniente es que el intercambio de consumo-generación con dicha instalación genera elevados picos de potencia.
- Requieren de un costoso sistema de baterías electro-químicas para almacenar la energía eléctrica procedente de la generación, sistema de vida útil muy limitada en el tiempo (p.ej. unos 4 años).
- Requieren de un contrapeso de una masa igual al peso de la cabina más la mitad de la carga máxima que hace ineficiente al ascensor (p.ej. cuando la cabina va vacía).

El dispositivo que la invención preconiza resuelve de forma plenamente satisfactoria la problemática anteriormente expuesta, en todos y cada uno de los diferentes aspectos comentados.

7.2 Descripción de la invención

La invención preconiza un ascensor eléctrico energéticamente mejorado con sistema de contrapeso variable, del tipo de los que incorporan una maquina motriz eléctrica principal, una polea auxiliar, un cable contrapeso, una cabina y un cable cabina, que consta de:

a. un cable contrapeso-cabina, Fig.02, que tiene la finalidad de unir un contrapeso reducido con una cabina pasando por una polea motriz eléctrica y por una batería acumuladora de energía mecánica.

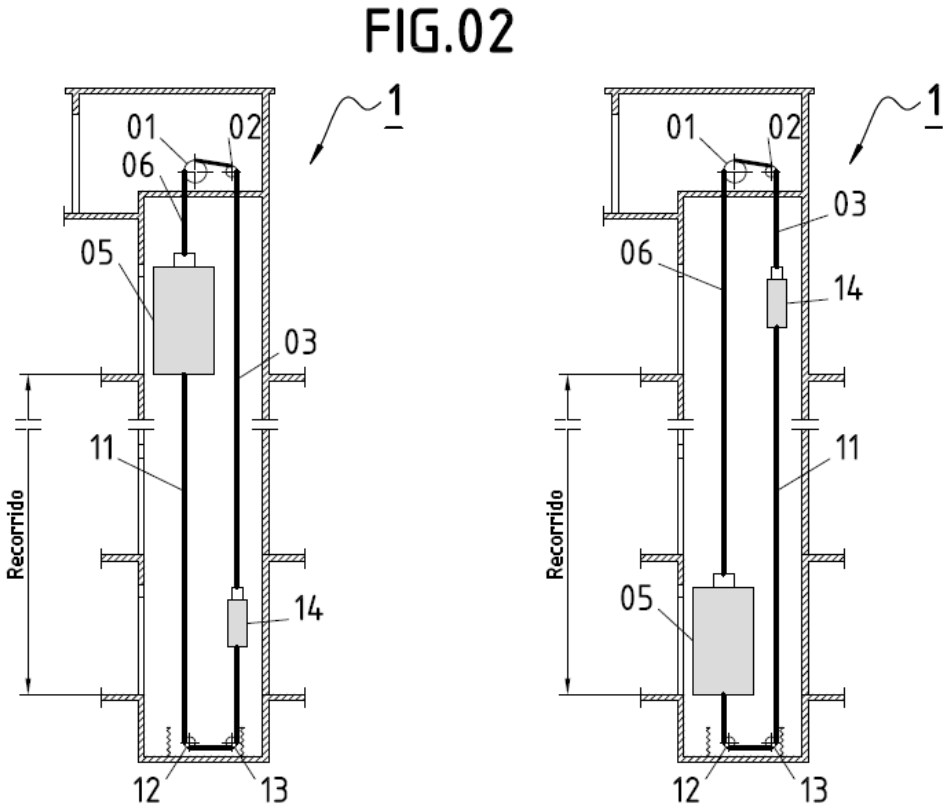


Figura VII.3 (Fig.02).- muestra unas vistas esquemáticas de funcionamiento de un ascensor eléctrico energéticamente mejorado con sistema de contrapeso variable, dispositivo objeto de la invención;
(01) Máquina motriz eléctrica principal;
(02) Polea auxiliar;
(03) Cable contrapeso;
(04) Contrapeso;
(05) Cabina;
(06) Cable cabina;

(11) Cable contrapeso-cabina;
(12) Polea motriz eléctrica;
(13) Batería acumuladora de energía mecánica;
(14) Contrapeso reducido.

El cable contrapeso-cabina equilibra con su peso el cable contrapeso y el cable cabina optimizando el equilibrio mecánico.

En la Fig.02 izquierda se muestra la cabina en su posición más elevada y el contrapeso reducido en su posición más baja. En la cinemática de “subir” las poleas de los diferentes elementos (01-02-12-13) giran en sentido horario.

En la Fig.02 derecha se muestra la cabina en su posición más baja y el contrapeso reducido en su posición más alta. En la cinemática de “bajar” las poleas de los diferentes elementos (01-02-12-13) giran en sentido horario anti-horario.

b. una polea motriz eléctrica, Fig.03, que consta de una polea unida mecánicamente mediante un soporte central y un soporte lateral a una máquina motriz eléctrica secundaria alimentada con un variador de velocidad controlado mediante un controlador lógico programable desde un cuadro eléctrico.

FIG.03

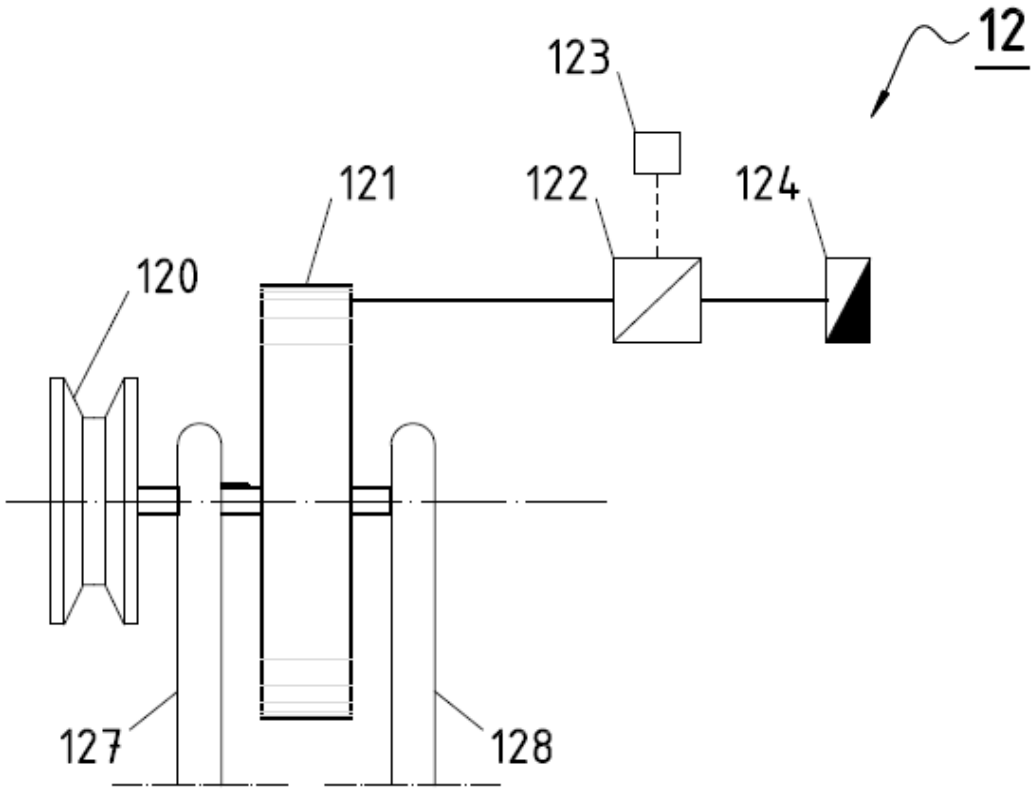


Figura 03 (Fig.03).- muestra una vista en alzado de una polea motriz eléctrica (12);
(12) Polea motriz eléctrica;
(120) Polea, de la polea motriz eléctrica;
(121) Máquina motriz eléctrica secundaria;
(122) Variador de velocidad;
(123) Controlador lógico programable;
(124) Cuadro eléctrico;
(127) Soporte central;
(128) Soporte lateral;

La polea motriz eléctrica funciona siempre como motor y se alimenta su máquina motriz eléctrica secundaria con un variador de velocidad controlado mediante un controlador lógico programable desde un cuadro eléctrico, de forma que genere en todo momento en el cable contrapeso-cabina una fuerza lineal que equilibre el peso de la cabina funcionando como un contrapeso variable; se dota para optimizar el sistema de un contrapeso reducido con una masa igual a la masa de la cabina.

c. una batería acumuladora de energía mecánica, Fig.04-06, que consta de una polea unida mecánicamente mediante un reductor y un cojinete soporte a una pluralidad de acumuladores de energía mecánica acoplados mecánicamente mediante machi-hembrado, formado cada uno de los acumuladores por un eje dotado de un extremo macho y un extremo hembra, de una carcasa en cuyo interior se aloja un resorte dotado de un trinquete anti-descarga, de un embrague accionado mediante un cable eléctrico a través de un alimentador de anillos rozantes y de un detector de descarga y de un detector de carga.

FIG.04

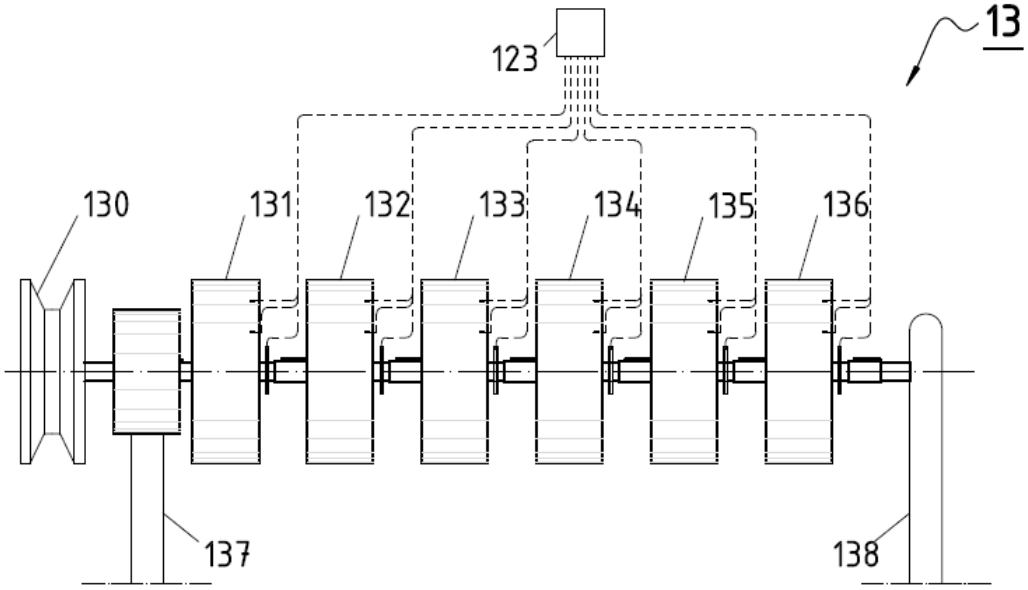
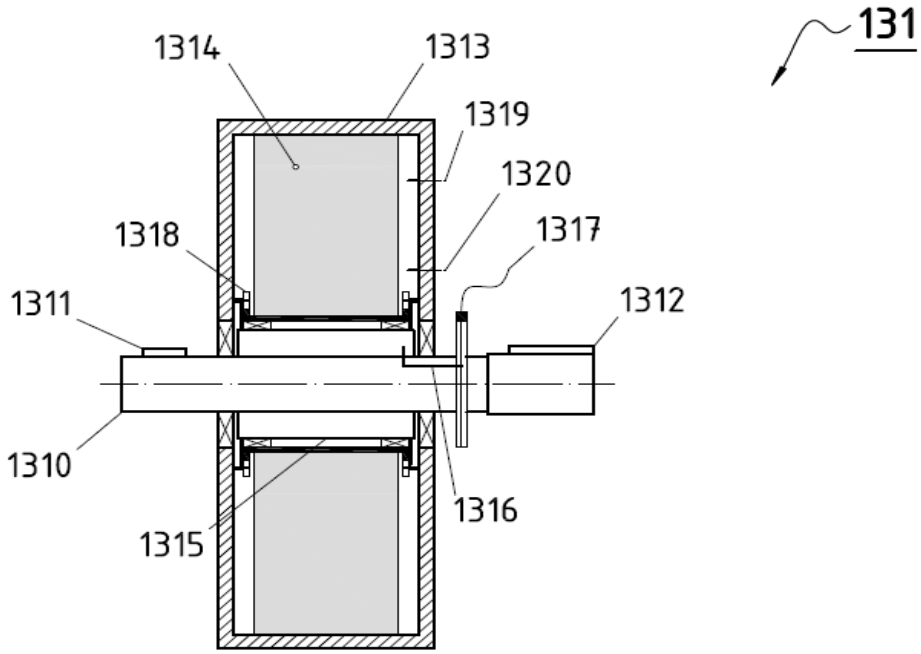


Figura 04 (Fig.04).- muestra una vista en alzado de una batería acumuladora de energía mecánica;
(13) Batería acumuladora de energía mecánica;
(130) Polea, de la batería acumuladora de energía mecánica
(131) Acumulador de energía mecánica 1;
(123) Controlador lógico programable;
(132) Acumulador de energía mecánica 2;
(133) Acumulador de energía mecánica 3;
(134) Acumulador de energía mecánica 4;
(135) Acumulador de energía mecánica 5;
(136) Acumulador de energía mecánica 6;
(137) Reductor;
(138) Cojinete soporte;

FIG.05


131
1314
1313
1319
1320
1318
1317
1311
1312
1310
1316
1315

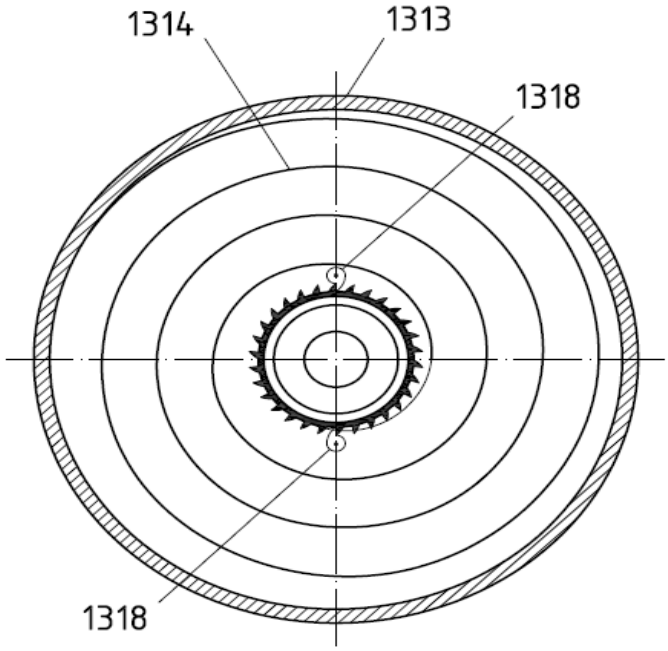

1314
1313
1318
1318

Figura 05 (Fig.05).- muestra unas vistas de corte longitudinal y corte transversal de un acumulador de energía mecánica;
(131) Acumulador de energía mecánica 1;
(1310) Eje;
(1311) Extremo macho, del eje;
(1312) Extremo hembra, del eje;
(1313) Carcasa;
(1314) Resorte espiral a torsión;
(1315) Embrague;
(1316) Cable eléctrico;
(1317) Alimentador de anillos rozantes;
(1318) Trinquete anti-descarga;
(1319) Detector de descarga;
(1320) Detector de carga;

FIG.06

FIG.06a

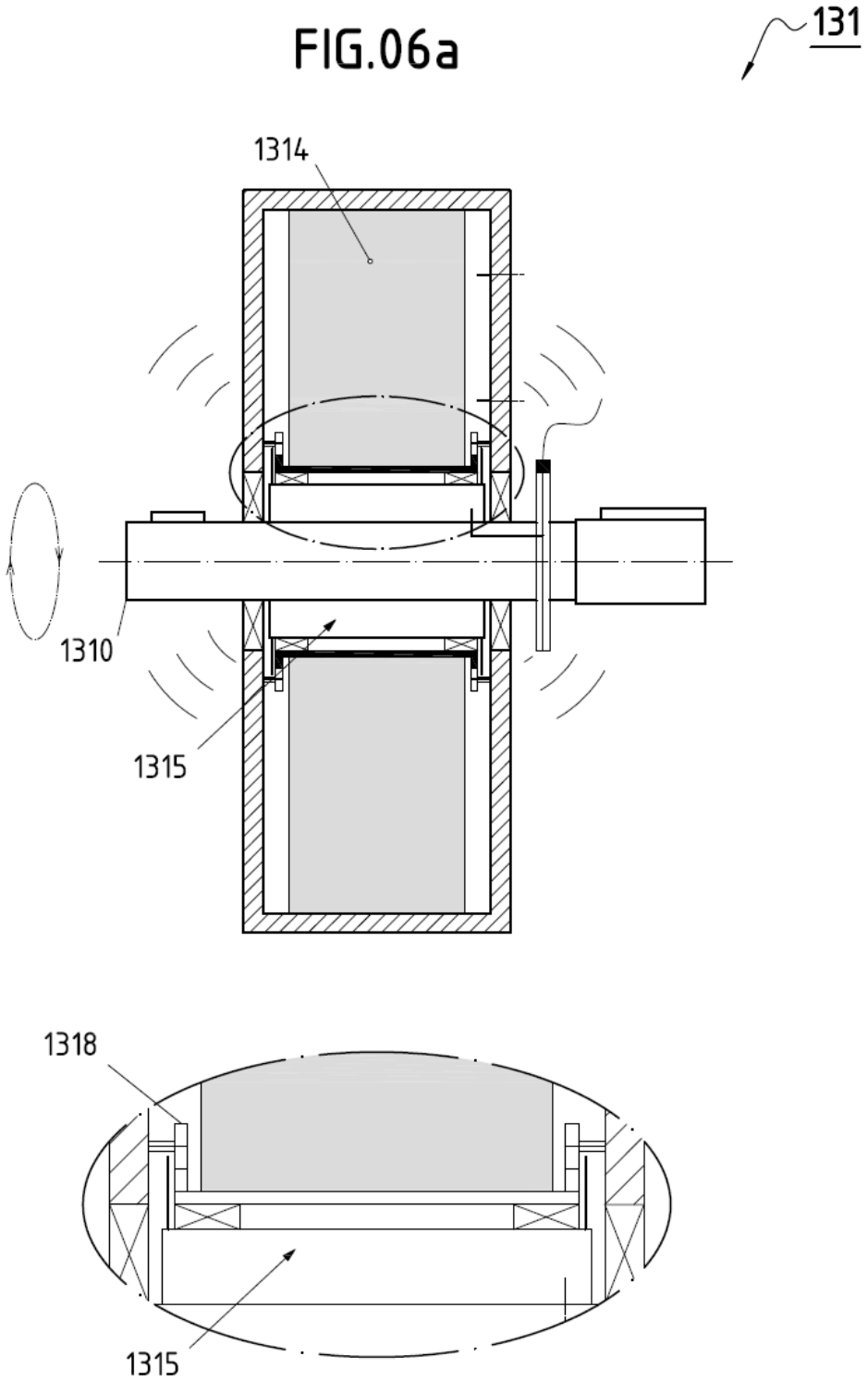


FIG.06

FIG.06b

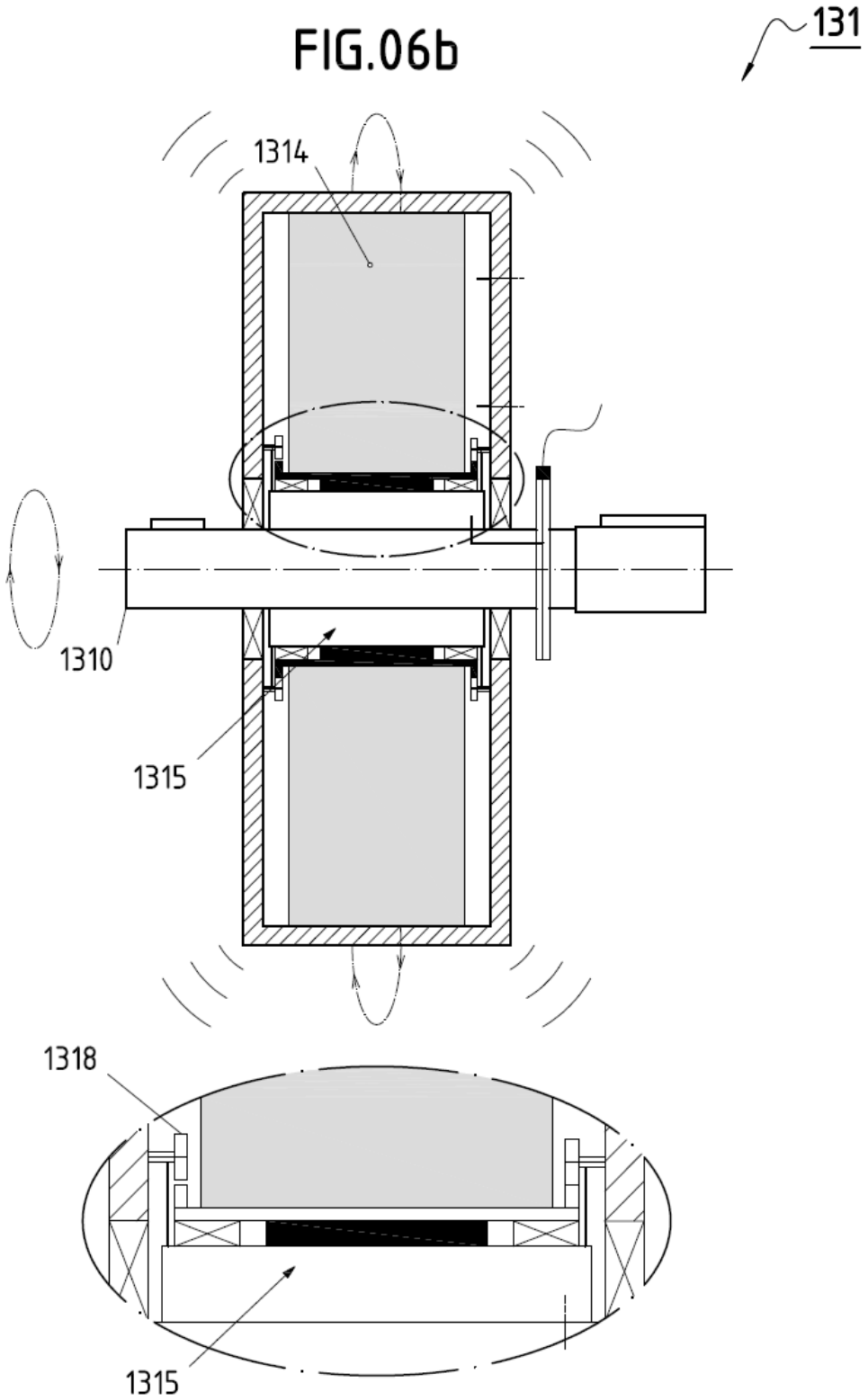


Figura 06 (Fig.06).- muestra unas vistas de corte longitudinal de funcionamiento de un acumulador de energía mecánica;

La batería acumuladora de energía mecánica también funciona de forma reversible tanto absorbiendo potencia (proceso de carga de resortes) como entregando potencia (proceso de descarga de resortes) proceso controlado mediante un controlador lógico programable, de forma que genere en todo momento en el cable contrapeso-cabina una fuerza lineal que equilibre el peso de la cabina funcionando como un contrapeso variable; se dota para optimizar el sistema de un contrapeso reducido con una masa igual a la masa de la cabina.

Un acumulador de energía mecánica tanto en su proceso de carga como de descarga del resorte ejercerá una fuerza lineal en el cable contrapeso-cabina constante e igual al que ejerce una persona que se monte en la cabina.

La cabina estará dotada de un sensor de peso para saber en todo momento cuantas personas suben o bajan a la misma. El dato del número de personas se le pasará a un controlador lógico programable para que active los correspondientes embragues. Si no hay ningún embrague activado el giro de la polea girará en vacío la pluralidad de ejes acoplados por machi-hembrado. Cuando la cabina baja o sube sin personas no se activará ningún embrague. Cuando la cabina baja con alguna persona se activarán tantos embragues como personas, cargando los resortes espirales a torsión correspondientes, es decir los resortes almacenan energía mecánica. Cuando la cabina sube con alguna persona se activarán tantos embragues como personas, descargando los resortes espirales a torsión correspondientes, es decir los resortes suministran energía mecánica. Cuando el controlador lógico programable detecte que un resorte está completamente cargado mediante un detector de carga si el resorte se está cargando se desactivará el embrague para cesar su carga. Análogamente cuando el controlador lógico programable detecte que un resorte está completamente descargado mediante un detector de descarga si el resorte se está descargando se desactivará el embrague para cesar su descarga.

En la cinemática de “subir” la polea giran en sentido horario, por lo que cuando se active un embrague el resorte se descargará.

En la cinemática de “bajar” la polea giran en sentido horario anti-horario, por lo que cuando se active un embrague el resorte se cargará.

La activación de cada embrague provoca el desbloqueo de su correspondiente trinquete anti-descarga.

En la Fig.06a se muestra un acumulador de energía mecánica con el embrague desactivado y el trinquete anti-descarga bloqueado, por lo que cuando gire el eje el resorte espiral a torsión no cargará ni descargará y permanecerá bloqueado. En la Fig.06b se muestra un acumulador de energía mecánica con el embrague activado y el trinquete anti-descarga desbloqueado, por lo que cuando gire el eje el resorte espiral a torsión cargará o descargará según el ascensor baje o suba respectivamente.

7.3 Estudio energético y comparativa

La energía almacenada en un resorte se debe a la deformación elástica del mismo y es del tipo energía mecánica (potencial) en forma elástica. Dicha energía (E) es igual al trabajo realizado para deformar elásticamente un resorte, siendo por definición:

$$E = \int_0^x F \cdot dx$$

De acuerdo con la ley de Hooke, la fuerza (F) requerida para deformar elásticamente un resorte es directamente proporcional a la cantidad de deformación (x), siendo:

$$F = k \cdot x$$

Por lo tanto tendremos que:

$$E = k \cdot \int_0^x x \cdot dx = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$$

Siendo: la energía potencial elástica (E), en J; la constante elástica del resorte (k) en N/m; y la deformación (x), en m.

En el estado de la técnica son conocidos diferentes tipos de resortes, siendo el más empleado para almacenar energía mecánica el de tipo resorte espiral a torsión ya que a igualdad de energía almacenada comparado con otros tipos de resortes ocupa menor volumen.

Existen diferentes tipos de resortes a torsión clasificándose en: resorte espiral de potencia con y sin precarga; resorte de par variable; resorte de par constante.

Un resorte espiral a torsión consta de un fleje enrollado sobre un árbol (elemento móvil) y encerrado dentro de una caja cilíndrica exterior llamada barrilete o carcasa (elemento fijo). El resorte está unido al árbol en su extremo interior, y al barrilete en su extremo exterior. Requieren para poder suministrar la energía mecánica de forma adecuada de un sistema adicional de: ruedas o engranajes, para multiplicar la velocidad angular; escape, para adecuar la frecuencia de la marcha; controlador, para prefijar la frecuencia de marcha. Los tipos de escapes más empleados son: rueda catalina, de cilindro, dúplex y de áncora.

Son empleados como fuente de energía en relojes mecánicos, cajitas de música y todo tipo de juguetes de cuerda, aunque modernamente han sido sustituidos en su mayor parte por pilas o baterías recargables.

Un resorte espiral a torsión constituido por un fleje, con forma espiral, unido a una carcasa (elemento fijo) y a un árbol (elemento móvil). Según la curvatura de las espiras y la longitud del fleje, estas se pueden encontrar libres, bloqueadas en el árbol (si su curvatura es mayor que la

de este) o bloqueadas en la carcasa (si su curvatura es menor que la de esta). Al aplicar par, en el proceso de carga, las espiras irán eventualmente desbloqueándose de la carcasa y bloqueándose en el árbol; y a la inversa en el proceso de descarga. Los esfuerzos principales a los que se va a ver sometido el fleje son debidos principalmente a la flexión. La constante de proporcionalidad es la rigidez a la flexión de la sección del fleje, dada por la siguiente ecuación:

$$k = E \cdot I$$

Siendo: módulo de elasticidad (E), en Pa; momento de inercia de la sección (I), en Kg·m2; constante de proporcionalidad (k), en N.m2.

La importancia de la espiral de fabricación viene dada por la relación entre la curvatura del fleje antes de ser montado y las curvaturas del árbol y carcasa.

Tras estudiar la energía de un resorte veamos comparativamente la energía necesaria en los siguientes casos:

- **CASO 1:** Ascensor cualquiera del estado de la técnica sin generación con una máquina motriz eléctrica principal.

- **CASO 2:** Ascensor cualquiera del estado de la técnica con generación con una máquina motriz eléctrica principal.

- **CASO 3:** Ascensor objeto de la invención con generación sin acumulación mecánica con una máquina motriz eléctrica principal y una máquina motriz eléctrica secundaria.

- **CASO 4:** Ascensor objeto de la invención con acumulación mecánica con una máquina motriz eléctrica principal y una batería acumuladora de energía mecánica.

CASO 1: Ascensor cualquiera del estado de la técnica sin generación con una máquina motriz eléctrica principal.

Este es el caso de un ascensor cualquiera del estado de la técnica con una máquina motriz eléctrica principal que no dispone la opción de entregar la energía generada, p.ej. porque dispone de un variador de velocidad no regenerativo.

Denominando:

- mc (kg):masa de la cabina.
- mp (kg): masa de una persona estándar.
- Np máx (pax): número de personas que como máximo aloja la cabina.
- mcp (kg): masa del contrapeso.
- v (m/s): velocidad lineal del ascensor.

Considerando:

- Fc (N): tensión que ejerce la cabina en el cable cabina.
- Fcp (N): tensión que ejerce el contrapeso en el cable contrapeso.

Tendremos que la potencia P (kW) necesaria en régimen permanente para el caso de BAJAR es de:

$$P\ (kW) = (Fc - Fcp) \cdot v$$

Y la potencia P (kW) necesaria en régimen permanente para el caso de SUBIR es de:

$$P\ (kW) = -(Fc - Fcp) \cdot v$$

Siendo:

$$Fc = mc \cdot g + Np \cdot mp \cdot g$$

$$Fcp = mcp \cdot g$$

Normalmente el valor de la masa del contrapeso se dimensiona según:

$$mcp = mc + \frac{Np \cdot mp}{2}$$

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la simulación realizada para los valores indicados en la columna de datos para diferentes valores de número de personas Np: 0 a 6 y atendiendo al siguiente criterio de signos:

P (kW) > 0, la máquina motriz eléctrica principal se comporta como GENERADOR;
P (kW) < 0, la máquina motriz eléctrica principal se comporta como MOTOR;
P (kW) = 0, la máquina motriz eléctrica principal está en FLOTACIÓN.

Tabla 1: "Ascensor cualquiera del estado de la técnica sin generación con una máquina motriz eléctrica principal (01)"

Datos		
mc	500	Kg
mp	70	kg
Np máx	6	pax
mcp	710	kg
v	1	m/s

mcp	710	kg

			BAJAR	SUBIR
			(01)	(01)
Np	Fc (N)	Fp (N)	P (kW)	P (kW)
0	4903,0	6962,3	-2,1	0,0
1	5589,4	6962,3	-1,4	0,0
2	6275,8	6962,3	-0,7	0,0
3	6962,3	6962,3	0,0	0,0
4	7648,7	6962,3	0,0	-0,7
5	8335,1	6962,3	0,0	-1,4
6	9021,5	6962,3	0,0	-2,1

Cómo puede observarse en la Tabla 1 el ascensor presenta siempre potencias P (kW) < 0, es decir como motor, o nulas.

CASO 2: Ascensor cualquiera del estado de la técnica con generación con una máquina motriz eléctrica principal.

Este es el caso de un ascensor (0) cualquiera del estado de la técnica con una máquina motriz eléctrica principal (01) que dispone la opción de entregar la energía generada, p.ej. porque dispone de un variador de velocidad regenerativo.

Denominando:

- mc (kg): masa de la cabina.
- mp (kg): masa de una persona estándar.
- Np máx (pax): número de personas que como máximo aloja la cabina.
- mcp (kg): masa del contrapeso.
- v (m/s): velocidad lineal del ascensor.

Considerando:

- Fc (N): tensión que ejerce la cabina en el cable cabina.
- Fcp (N): tensión que ejerce el contrapeso en el cable contrapeso.

Tendremos que la potencia P (kW) necesaria en régimen permanente para el caso de BAJAR es de:

$$P\ (kW) = (Fc - Fcp) \cdot v$$

Y la potencia P (kW) necesaria en régimen permanente para el caso de SUBIR es de:

$$P\ (kW) = -(Fc - Fcp) \cdot v$$

Siendo:

$$Fc = mc \cdot g + Np \cdot mp \cdot g$$

$$Fcp = mcp \cdot g$$

Normalmente el valor de la masa del contrapeso se dimensiona según:

$$mcp = mc + \frac{Np \cdot mp}{2}$$

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la simulación realizada para los valores indicados en la columna de datos para diferentes valores de número de personas Np: 0 a 6 y atendiendo al siguiente criterio de signos:

P (kW) > 0, la máquina motriz eléctrica principal se comporta como GENERADOR;
P (kW) < 0, la máquina motriz eléctrica principal se comporta como MOTOR;
P (kW) = 0, la máquina motriz eléctrica principal está en FLOTACIÓN.

Tabla 2: "Ascensor cualquiera del estado de la técnica con generación con una máquina motriz eléctrica principal (01)"

Datos		
mc	500	Kg
mp	70	kg
Np máx	6	pax
mcp	710	kg
v	1	m/s

mcp	710	kg

			BAJAR	SUBIR
			(01)	(01)
Np	Fc (N)	Fp (N)	P (kW)	P (kW)
0	4903,0	6962,3	-2,1	2,1
1	5589,4	6962,3	-1,4	1,4
2	6275,8	6962,3	-0,7	0,7
3	6962,3	6962,3	0,0	0,0
4	7648,7	6962,3	0,7	-0,7
5	8335,1	6962,3	1,4	-1,4
6	9021,5	6962,3	2,1	-2,1

Cómo puede observarse en la Tabla 2 el ascensor presenta potencias P (kW) > 0, es decir como generador, y P (kW) < 0, como motor, o nulas.

CASO 3: Ascensor objeto de la invención con generación sin acumulación mecánica con una máquina motriz eléctrica principal y una máquina motriz eléctrica secundaria.

Este es el caso de un ascensor objeto de la invención con una máquina motriz eléctrica principal y una máquina motriz eléctrica secundaria que dispone de la opción de entregar la energía generada, p.ej. porque la máquina principal dispone de un variador de velocidad regenerativo. Por lo tanto en una realización preferente la invención consta de una polea motriz eléctrica, Fig.03, y no requiere de una batería acumuladora de energía mecánica, Fig.04-06.

Denominando:

- mc (kg): masa de la cabina.
- mp (kg): masa de una persona estándar.
- Np máx (pax): número de personas que como máximo aloja la cabina.

- mcp (kg): masa del contrapeso.
- v (m/s): velocidad lineal del ascensor.

Considerando:

- Fc (N): tensión que ejerce la cabina en el cable cabina.
- Fcp (N): tensión que ejerce el contrapeso reducido en el cable contrapeso.
- Fp' (N): tensión que ejerce la polea motriz eléctrica en el cable contrapeso-cabina.

Tendremos que la potencia P (kW) necesaria en régimen permanente para el caso de BAJAR es de:

$$P\ (kW) = [Fc - (Fcp + Fp')] \cdot v$$

Haremos que Fp'= 0, por lo que tendremos:

$$P\ (kW) = (Fc - Fcp) \cdot v$$

Y la potencia P (kW) necesaria en régimen permanente para el caso de SUBIR es de:

$$P\ (kW) = -[Fc - (Fcp + Fp')] \cdot v$$

Haremos que Fcp+ Fp' = Fc, por lo que la potencia P (kW) del motor principal será nula pero la potencia necesaria del motor secundario será de:

$$P\ (kW) = -\ (Fc - Fcp) \cdot v$$

Siendo:

$$Fc = mc \cdot g + Np \cdot mp \cdot g$$

$$Fcp = mcp \cdot g$$

En una realización preferente el valor de la masa del contrapeso se dimensiona según:

$$mcp = mc$$

En la Tabla 3 se muestran los resultados de la simulación realizada para los valores indicados en la columna de datos para diferentes valores de número de personas Np: 0 a 6 y atendiendo al siguiente criterio de signos:

P (kW) > 0, la máquina motriz eléctrica principal se comporta como GENERADOR;

P (kW) < 0, la máquina motriz eléctrica principal se comporta como MOTOR;
P (kW) = 0, la máquina motriz eléctrica principal está en FLOTACIÓN.

Tabla 3: "Ascensor objeto de la invención sin acumulación mecánica con una máquina motriz eléctrica principal (01) y una máquina motriz eléctrica secundaria (121)"

Datos		
mc	500	Kg
mp	70	kg
Np máx	6	pax
mcp	500	kg
v	1	m/s

mcp	500	kg

			BAJAR	SUBIR
			(01)	(121)
Np	Fc (N)	Fp (N)	P (kW)	P (kW)
0	4903,0	4903,0	0,0	0,0
1	5589,4	5589,4	0,7	-0,7
2	6275,8	6275,8	1,4	-1,4
3	6962,3	6962,3	2,1	-2,1
4	7648,7	7648,7	2,7	-2,7
5	8335,1	8335,1	3,4	-3,4
6	9021,5	9021,5	4,1	-4,1

Cómo puede observarse en la Tabla 3 el ascensor presenta para la máquina motriz eléctrica principal potencias P (kW) > 0, es decir como generador, y para la máquina motriz eléctrica secundaria potencias P (kW) < 0, como motor. Para el caso frecuente de número de personas Np = 0 ambas máquinas permanecen en flotación.

CASO 4: Ascensor objeto de la invención con acumulación mecánica con una máquina motriz eléctrica principal y una batería acumuladora de energía mecánica.

Este es el caso de un ascensor objeto de la invención con una máquina motriz eléctrica principal y una batería acumuladora de energía mecánica. Por lo tanto en otra realización preferente la invención consta de una batería acumuladora de energía mecánica, Fig.04-06, y no requiere de una polea motriz eléctrica, Fig.03.

Aunque también en otra realización preferente la invención puede constar simultáneamente de una batería y de una polea, para el caso de que cuando la batería no esté cargada lo suficiente para realizar la adecuada función actuar la polea.

Denominando:

- mc (kg): masa de la cabina.
- mp (kg): masa de una persona estándar.
- Np máx (pax): número de personas que como máximo aloja la cabina.
- mcp (kg): masa del contrapeso.
- v (m/s): velocidad lineal del ascensor.

Considerando:

Fc (N): tensión que ejerce la cabina en el cable cabina.
Fcp (N): tensión que ejerce el contrapeso reducido en el cable contrapeso.
Fp' (N): tensión que ejerce la batería acumuladora de energía mecánica.

Tendremos que la potencia P (kW) necesaria en régimen permanente para el caso de BAJAR es de:

$$P\ (kW) = [Fc - (Fcp + Fp')] \cdot v$$

Haremos que Fp'= 0, por lo que tendremos:

$$P\ (kW) = (Fc - Fcp) \cdot v$$

Y la potencia P (kW) necesaria en régimen permanente para el caso de SUBIR es de:

$$P\ (kW) = -[Fc - (Fcp + Fp')] \cdot v$$

Haremos que Fcp+ Fp' = Fc, por lo que la potencia P (kW) del motor principal será nula pero la potencia necesaria de la batería acumuladora de energía mecánica (13):

$$P\ (kW) = -\ (Fc - Fcp) \cdot v$$

Siendo:

$$Fc = mc \cdot g + Np \cdot mp \cdot g$$

$$Fcp = mcp \cdot g$$

En una realización preferente el valor de la masa del contrapeso se dimensiona según:

$$mcp = mc$$

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la simulación realizada para los valores indicados en la columna de datos para diferentes valores de número de personas Np: 0 a 6 y atendiendo al siguiente criterio de signos:

P (kW) > 0, la máquina motriz eléctrica principal (01) se comporta como GENERADOR;
P (kW) < 0, la máquina motriz eléctrica principal (01) se comporta como MOTOR;
P (kW) = 0, la máquina motriz eléctrica principal (01) está en FLOTACIÓN.

Tabla 4: "Ascensor (1) objeto de la invención con acumulación mecánica con una máquina motriz eléctrica principal (01) y una batería acumuladora de energía mecánica (13)"

Datos		
mc	500	Kg
mp	70	kg
Np máx	6	pax
mcp	500	kg
v	1	m/s

mcp	500	kg

			BAJAR	SUBIR
			(01)	(13)
Np	Fc (N)	Fp (N)	P (kW)	P (kW)
0	4903,0	4903,0	0,0	0,0
1	5589,4	5589,4	0,0	0,0
2	6275,8	6275,8	0,0	0,0
3	6962,3	6962,3	0,0	0,0
4	7648,7	7648,7	0,0	0,0
5	8335,1	8335,1	0,0	0,0
6	9021,5	9021,5	0,0	0,0

Cómo puede observarse en la Tabla 4 el ascensor presenta para la máquina motriz eléctrica principal siempre potencias P (kW) = 0, es decir como flotación, ya que la potencia generada la acumula la batería acumuladora de energía mecánica y la potencia necesaria se aporta de la batería acumuladora de energía mecánica.

En la Fig.07 se muestra un gráfico con los diferentes casos para el modo de “bajar”. En la Fig.08 se muestra un gráfico con los diferentes casos para el modo de “subir”.

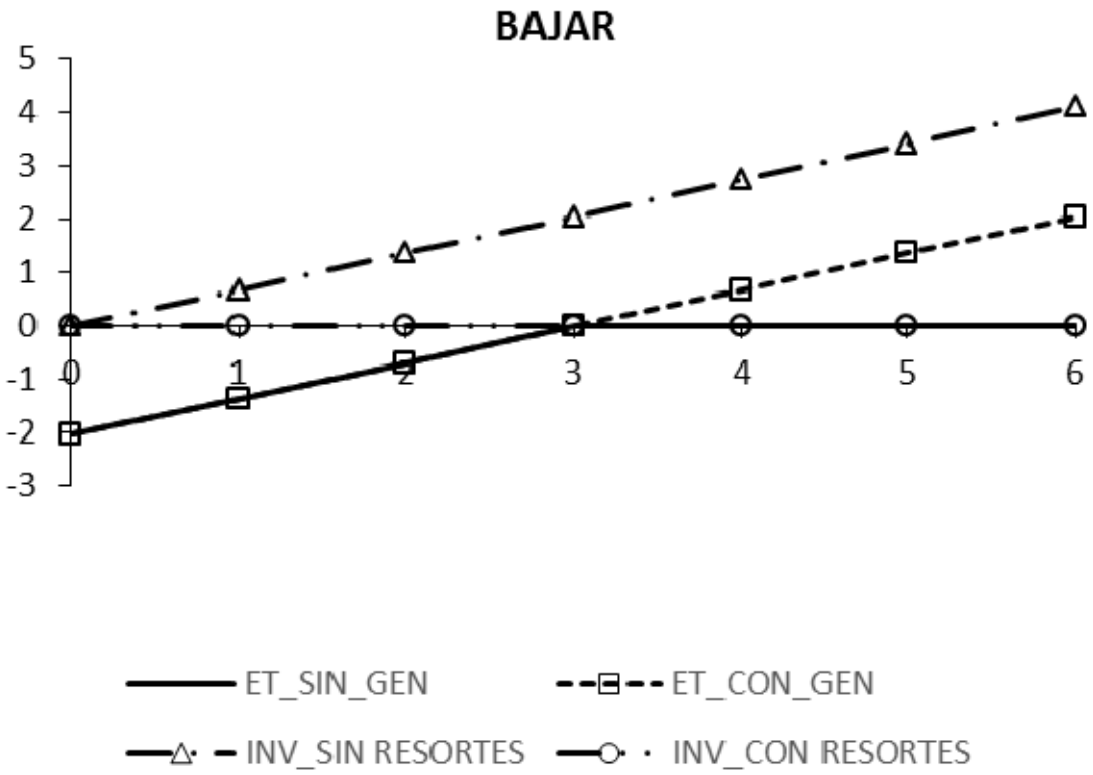


Figura Vii.4 (Fig.07).- muestra un gráfico con los diferentes casos para el modo de “bajar”;

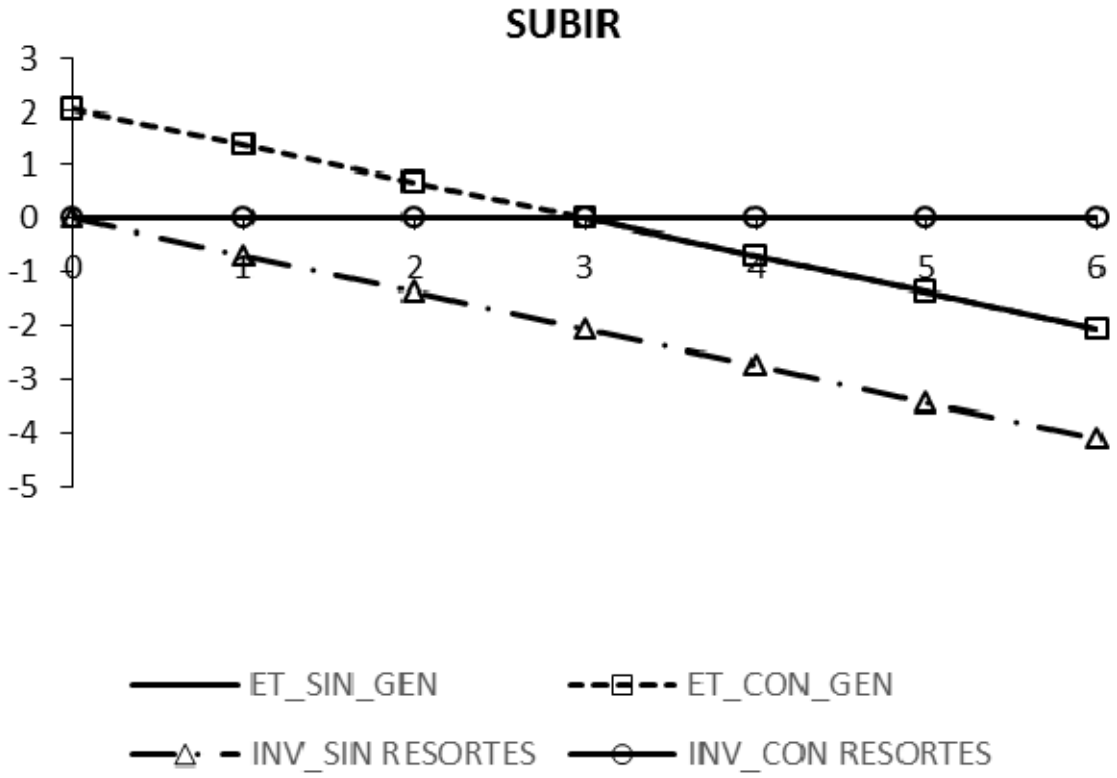


Figura VII.5 (Fig.08).- muestra un gráfico con los diferentes casos para el modo de "subir";

En ambos gráficos, en el eje de ordenadas se ha representado la potencia P (kW) que se consume (P<0) y que se genera (P>0) en función del número de personas (Pax) que se monten en la cabina, para los siguientes casos:

CASO 1: Ascensor cualquiera del estado de la técnica sin generación con una máquina motriz eléctrica principal ET_SIN_GEN;

CASO 2: Ascensor cualquiera del estado de la técnica con generación con una máquina motriz eléctrica principal ET_CON_GEN;

CASO 3: Ascensor objeto de la invención con generación sin acumulación mecánica con una máquina motriz eléctrica principal y una máquina motriz eléctrica secundaria INV_SIN_RESORTES;

CASO 4: Ascensor objeto de la invención con acumulación mecánica con una máquina motriz eléctrica principal y una batería acumuladora de energía mecánica INV_CON_RESORTES.

Puede observarse que el CASO 4 ni consume ni genera potencia de la red eléctrica.

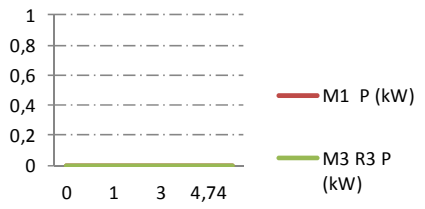


Fig VIII.1 Comparativa caso 1 y 4 en vacío y subida

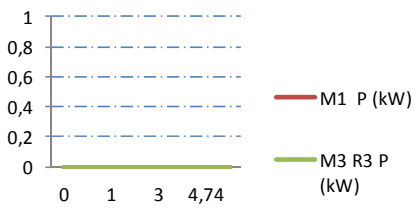


Fig VIII.2 Comparativa caso 1 y 4 en subida con 1 persona

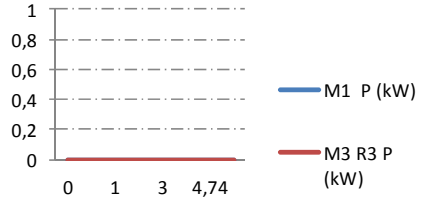


Fig VIII.3 Comparativa caso 1 y 4 en subida con 2 personas

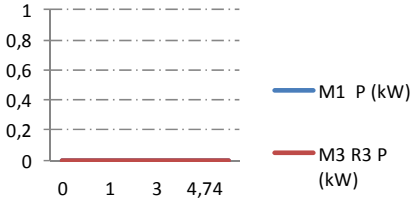


Fig VIII.4 Comparativa caso 1 y 4 en subida con 3 personas

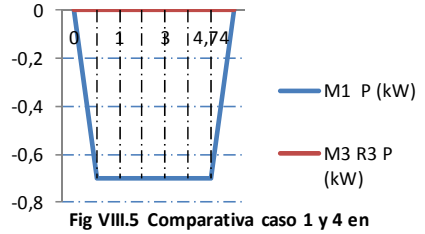


Fig VIII.5 Comparativa caso 1 y 4 en subida con 4 personas

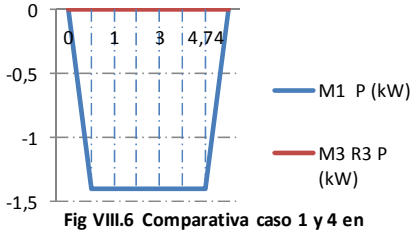


Fig VIII.6 Comparativa caso 1 y 4 en subida con 5 personas

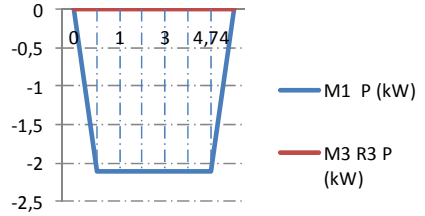


Fig VIII.7 Comparativa caso 1 y 4 en subida con 6 personas

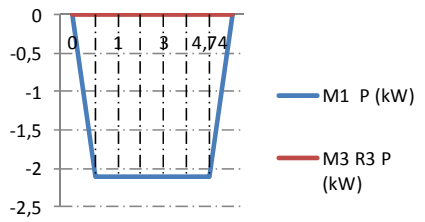


Fig VIII.8 Comparativa caso 1 y 4 en vacío y bajada

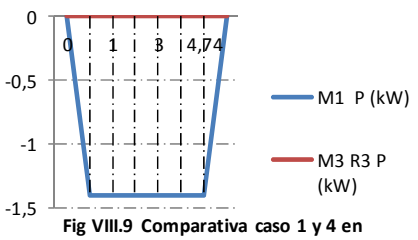


Fig VIII.9 Comparativa caso 1 y 4 en bajada con 1 persona

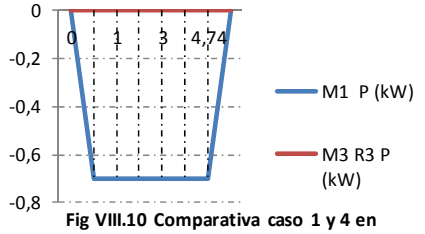


Fig VIII.10 Comparativa caso 1 y 4 en bajada con 2 personas

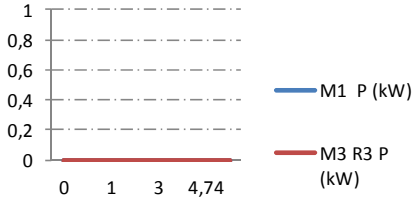


Fig VIII.11 Comparativa caso 1 y 4 en bajada con 3 personas

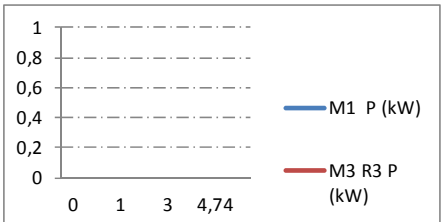


Fig VIII.12 Comparativa caso 1 y 4 en bajada con 4 personas

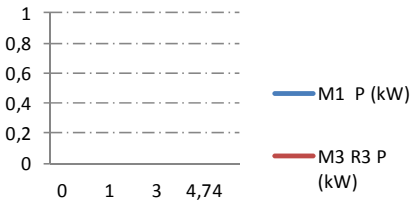


Fig VIII.13 Comparativa caso 1 y 4 en bajada con 5 personas

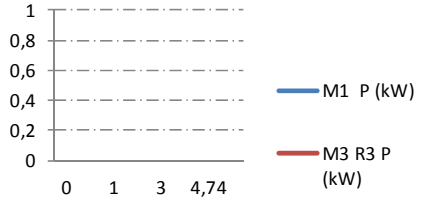


Fig VIII.14 Comparativa caso 1 y 4 en bajada con 6 personas

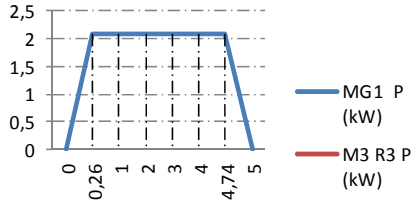


Fig VIII.15 Comparativa caso 2 y 4 en vacío y subida

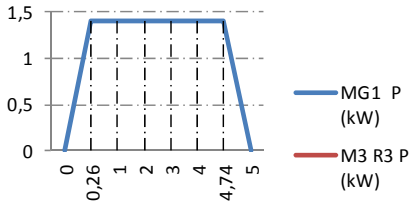


Fig VIII.16 Comparativa caso 2 y 4 en subida con 1 persona

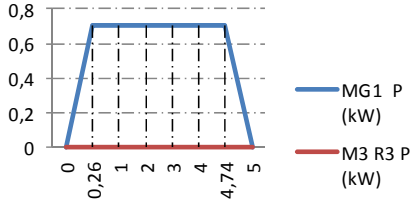


Fig VIII.17 Comparativa caso 2 y 4 en subida con 2 personas

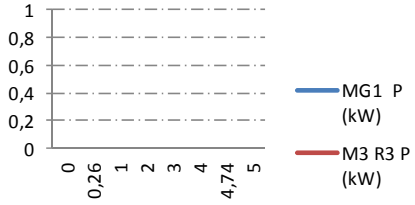


Fig VIII.18 Comparativa caso 2 y 4 en subida con 3 personas

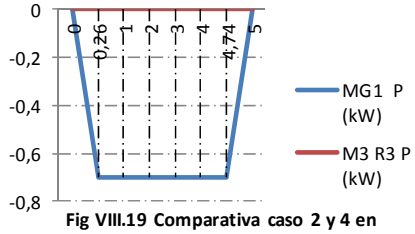


Fig VIII.19 Comparativa caso 2 y 4 en subida con 4 personas

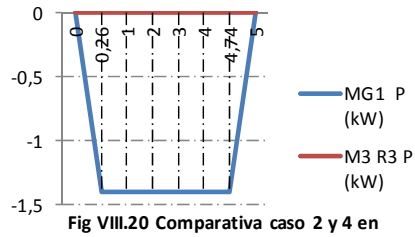


Fig VIII.20 Comparativa caso 2 y 4 en subida con 5 personas

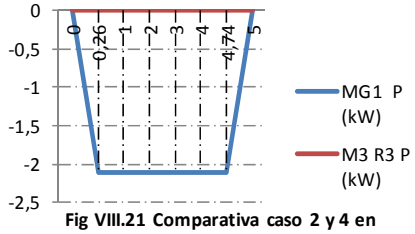


Fig VIII.21 Comparativa caso 2 y 4 en subida con 6 personas

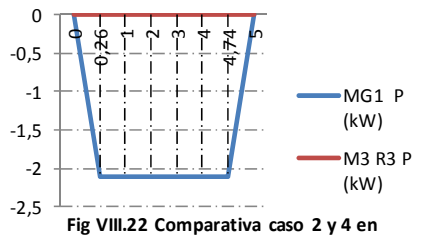


Fig VIII.22 Comparativa caso 2 y 4 en vacío y bajada

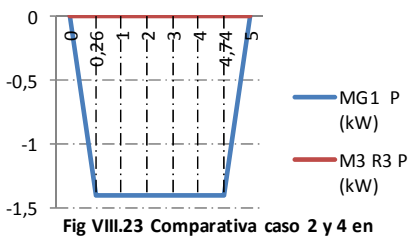


Fig VIII.23 Comparativa caso 2 y 4 en bajada con 1 persona

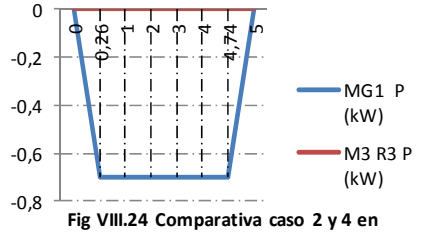


Fig VIII.24 Comparativa caso 2 y 4 en bajada con 2 personas

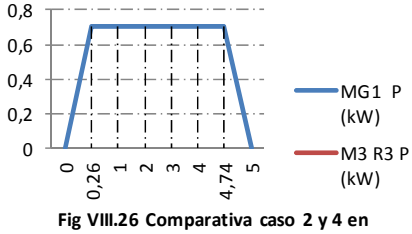


Fig VIII.26 Comparativa caso 2 y 4 en bajada con 4 personas

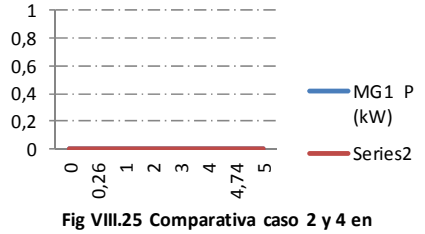


Fig VIII.25 Comparativa caso 2 y 4 en bajada con 3 personas

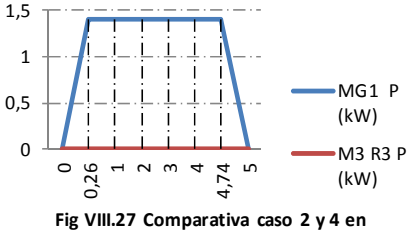


Fig VIII.27 Comparativa caso 2 y 4 en bajada con 5 personas

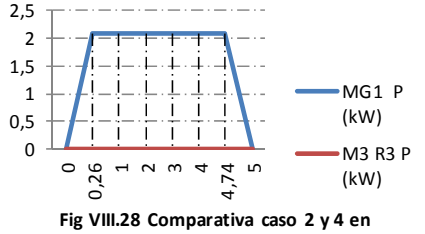


Fig VIII.28 Comparativa caso 2 y 4 en bajada con 6 personas

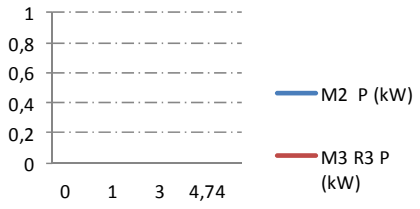


Fig VIII.29 Comparativa caso 3 y 4 en vacío y subida

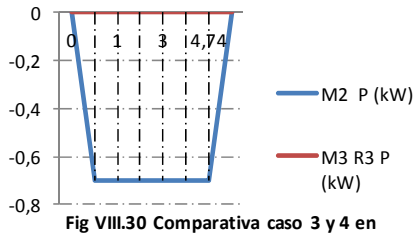


Fig VIII.30 Comparativa caso 3 y 4 en subida con 1 persona

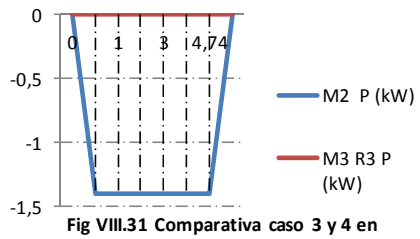


Fig VIII.31 Comparativa caso 3 y 4 en subida con 2 personas

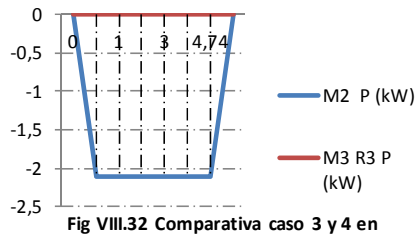


Fig VIII.32 Comparativa caso 3 y 4 en subida con 3 personas

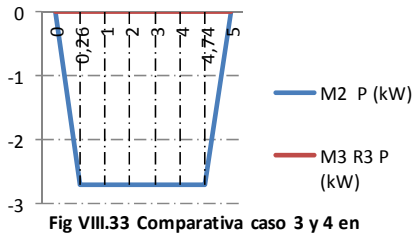


Fig VIII.33 Comparativa caso 3 y 4 en subida con 4 personas

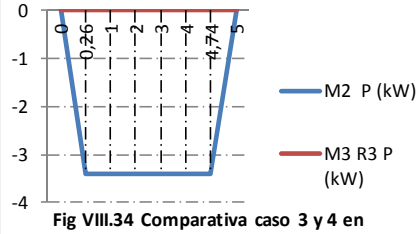


Fig VIII.34 Comparativa caso 3 y 4 en subida con 5 personas

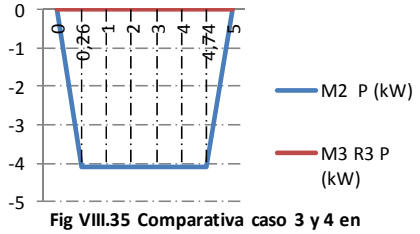


Fig VIII.35 Comparativa caso 3 y 4 en subida con 6 personas

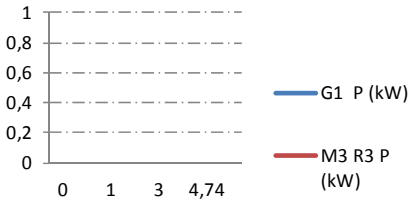


Fig VIII.36 Comparativa caso 3y 4 en vacío y bajada

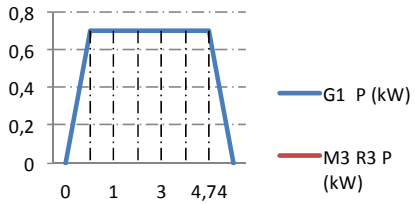


Fig VIII.37 Comparativa caso 3 y 4 en bajada con 1 persona

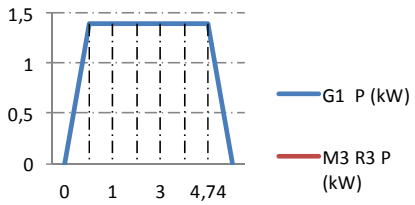


Fig VIII.38 Comparativa caso 3 y 4 en bajada con 2 personas

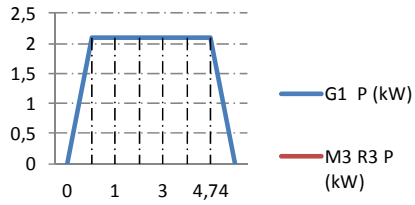


Fig VIII.39 Comparativa caso 3 y 4 en bajada con 3 personas

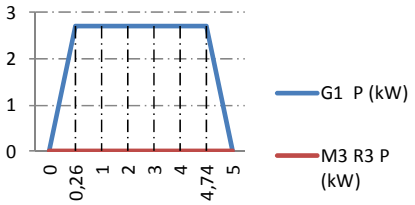


Fig VIII.40 Comparativa caso 3 y 4 en bajada con 4 personas

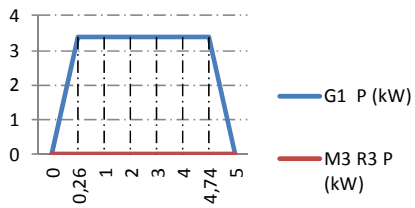


Fig VIII.41 Comparativa caso 3 y 4 en bajada con 5 personas

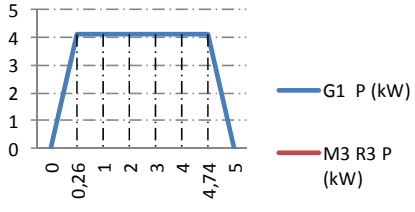


Fig VIII.42 Comparativa caso 3 y 4 en bajada con 6 personas

7.4 Conclusiones

El ascensor eléctrico energéticamente mejorado con sistema de contrapeso variable, del tipo de los que incorporan una maquina motriz eléctrica principal, una polea auxiliar, un cable contrapeso, una cabina y un cable cabina, que se caracteriza por constar de:

a. un cable contrapeso-cabina, que tiene la finalidad de unir un contrapeso reducido con una cabina pasando por una polea motriz eléctrica y por una batería acumuladora de energía mecánica;

b. una polea motriz eléctrica que consta de una polea unida mecánicamente mediante un soporte central y un soporte lateral a una máquina motriz eléctrica secundaria (121) alimentada con un variador de velocidad controlado mediante un controlador lógico programable desde un cuadro eléctrico;

c. una batería acumuladora de energía mecánica que consta de una polea unida mecánicamente mediante un reductor y un cojinete soporte a una pluralidad de acumuladores de energía mecánica 1-6 acoplados mecánicamente mediante machi-hembrado, formado cada uno de los acumuladores por un eje dotado de un extremo macho y un extremo hembra, de una carcasa en cuyo interior se aloja un resorte dotado de un trinquete anti-descarga, de un embrague accionado mediante un cable eléctrico a través de un alimentador de anillos rozantes y de un detector de descarga y de un detector de carga;

d. un contrapeso reducido.

CAPÍTULO 8

8 Impacto ambiental. Análisis de ciclo de vida

Además de analizar el consumo (eficiencia) y el coste en un ascensor, hemos querido completar el análisis de esta tesis con un análisis de ciclo de vida (ACV) del ascensor y su uso que nos proporcione información sobre el impacto ambiental y sobre todo que muestre el camino (la metodología) para hacer un análisis similar para cada ascensor concreto.

El ACV es una metodología bien determinada para analizar el impacto ambiental de productos y procesos (en este caso el ascensor y su uso respectivamente). Vamos a analizar un caso concreto pero a mostrar la metodología, no sólo para que la simulación sea repetible sino también para que se pueda adaptar a otros tipos de ascensores.

8.1 Definición del sistema

Primero se define el sistema, que en nuestro caso será un ascensor de tipo regenerativo, es decir, con el motor eléctrico regenerativo (un motor con imanes permanentes). Es un ascensor para seis personas y seis paradas (seis pisos y tres viviendas por piso y por tanto el ascensor tiene un recorrido de 18m), la velocidad nominal del ascensor es de 1m/s, la potencia del motor es de 4kW, y la iluminación de la cabina está compuesta por dos tubos led de 8W cada uno con un dispositivo de apagado y encendido de la cabina cuando está parado o en uso. El ascensor tiene una carga máxima de 6 personas o lo que es lo mismo 450kg. Supondremos que la categoría de uso es 2 según la VDI 4707, lo que lleva a un número de maniobras de 550 al día y una frecuencia de uso de 0,5h al día. Con todo ello el ascensor tiene un consumo anual de 739kWh en funcionamiento y 88,11kWh en su fase de reposo (827,11kWh en total al año).

8.2 Análisis de inventario. Composición del ascensor

La composición de nuestro ascensor es la que se presenta en la tabla siguiente, en la que vemos que el ascensor se descompone en 11 elementos, y éstos a su vez en 11 materiales, y además tenemos que considerar los 3 materiales del embalaje.

Tabla VIII.1 Elementos y materiales del ascensor.

Peso elementos ascensor	**%**	**kg**
Chasis 129 kg está compuesto de acero	4,30	129
Bancada 132 kg está compuesto de hierro colado	4,40	132
Motor 152 Kg compuesto de hierro, cobre y aluminio	5,07	152
Contrapeso 793 kg compuesto en su mayoría por hierro y el chasis de acero	26,46	793
Cables 102 kg de acero	3,40	102
Envolvente de la cabina 264 kg de acero (chapa), pisaderas de aluminio y vidrio.	8,81	264
Puertas de acceso 100 kg cota 0 y puertas de piso 80 Kg (en este caso serían 1 puerta cota 0 y 6 puertas de piso). Están compuestas de acero (chapas) y las deslizaderas de aluminio.	19,35	580
Operador de cabina 125 kg. Compuesto de acero, cobre y hierro.	4,17	125
Maniobra 110 kg. Está compuesto de materiales electrónicos y electromecánicos.	3,67	110
Cable múltiple 50 kg. Compuesto por cobre y plástico con halógenos.	1,67	50
Peso total de las guías para la cabina como para el contrapeso 560kg	18,69	560
TOTAL	**100%**	**2997**
Peso materiales ascensor	**%**	**kg**
Aluminio	0,5	15,0
Hierro fundido	6,3	188,8
Cobre	0,9	27,0
Acero	73,4	2199,8
Acero zincado	14,2	425,6
Plásticos	0,9	27,0
espuma de Pu	0,02811	0,8
plástico sin halógenos	0,0375	1,1
plástico con halógenos	0,04686	1,4
Vidrios	0,1875	5,6
Electrónica y componentes electromecánicos (se incluyen las baterías de plomo)	3,5	104,9
TOTAL	**100,00%**	
Peso materiales embalaje	**%**	**kg**
Madera	53,86	143,0
Plástico	0,34	0,9
Cartón	45,80	121,6
TOTAL	**100,0%**	**265,5**

8.3 Análisis de ciclo de vida

La metodología ACV proporciona el impacto ambiental de un proceso o producto según unas categorías de impacto, que para el método ACV empleado en este análisis son las 11 de la Tabla VIII.2 siguiente junto a sus unidades. Por ejemplo es bien conocida la categoría Global Warming (GW), más conocida como *calentamiento global* o como *huella de carbono*.

Tabla VIII.2 Categorías de impacto y unidades

Categoría de impacto	**Unidad**
Abiotic depletion	kg Sb eq
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq
Human toxicity	kg 1,4-DB eq
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq
Acidification	kg SO2 eq
Eutrophication	kg PO4--- eq

Con todo ello, empleando la herramienta SimaPro podemos determinar el ACV del Ascensor cuyo inventario se presenta en la tabla VIII.1, como se ve en la Tablla VIII.3

Tabla VIII.3 Impacto total del ascensor seleccionado

Categoría de impacto	**Unidad**	**Total**
Abiotic depletion	kg Sb eq	1,240299
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	92819,53
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	8904,267
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	0,00079
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	22768,82
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	13494,91
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	38195256
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	72,40465
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	5,278246
Acidification	kg SO2 eq	59,35341
Eutrophication	kg PO4--- eq	53,54302

También podemos analizar cuánto de ese impacto en las diferentes categorías produce cada uno de los 11 materiales que componían el ascensor, como vemos en la Tabla VIII.4

Tabla VIII.4 Impacto del ascensor por materiales

Categoría de impacto	**AD**	**AD(ff)**	**GW**	**OLP**	**HT**	**FWAE**	**MAE**	**TE**	**Photo-chemical oxidation**	**Acidi-fication**	**Eutroph-ication**
Total	1,240299	92819,53	8904,267	0,00079	22768,82	13494,91	38195256	72,40465	5,278246	59,35341	53,54302
Aluminio	0,024693	471,826	42,26153	3,67E-06	96,89204	43,36013	203222,4	0,337596	0,037501	0,347889	0,158327
Hierro Fundido	0,000431	3501,679	340,7594	1,88E-05	215,9236	243,6839	450667,3	12,62586	0,190915	1,53531	0,501799
Cobre	0,050319	2778,787	210,4676	0,000175	3927,119	1871,282	5280067	5,326882	0,421807	10,5784	7,202987
Acero	0,003683	37141,63	4168,476	0,000199	1765,737	1266,016	3280870	6,878363	2,657898	16,95389	6,729846
Acero cincado	0,009954	7170,535	717,6684	3,96E-05	3048,948	1110,065	2025037	14,9456	0,373345	3,491778	2,405594
Plasticos	0,002302	2300,858	82,6053	1,75E-05	29,22585	17,06281	63249,4	0,116369	0,021119	0,403538	0,101494
Espuma de PU	4,8E-06	73,70601	4,34336	4,95E-08	0,665696	0,816099	3972,321	0,005234	0,000897	0,018363	0,004853
Plasticos sin halogenos	3,09E-07	62,85919	2,937092	1,75E-08	0,560339	0,221039	1015,039	0,013286	0,000396	0,008049	0,001523
Plastico con halogenos	7,2E-07	92,15108	7,180384	6,2E-08	4,020782	0,787045	2122,214	0,029574	0,002213	0,039468	0,004818
Vidrios	3,11E-05	80,80045	6,911778	6,57E-07	2,110588	1,026759	9231,904	0,006938	0,002259	0,062463	0,008282
Electrónica y componentes electro-mecánicos	1,069114	34533,73	2905,622	0,000311	13339,35	8768,212	26329058	29,19394	1,396266	23,07569	35,56108
Madera	0,000811	3802,611	346,3922	1,96E-05	205,5179	94,15459	338979,1	1,918981	0,14266	2,081874	0,585742
Plastico	7,68E-05	76,77202	2,756266	5,84E-07	0,97517	0,56933	2110,424	0,003883	0,000705	0,013465	0,003387
Cartón	0,078878	731,5813	65,88477	5,19E-06	131,7661	77,65099	205653,4	1,002145	0,030264	0,743231	0,27329

Esa información de la Tabla VIII.4 se puede analizar globalmente en forma de gráfica, como se muestra en la Figura VIII.1.

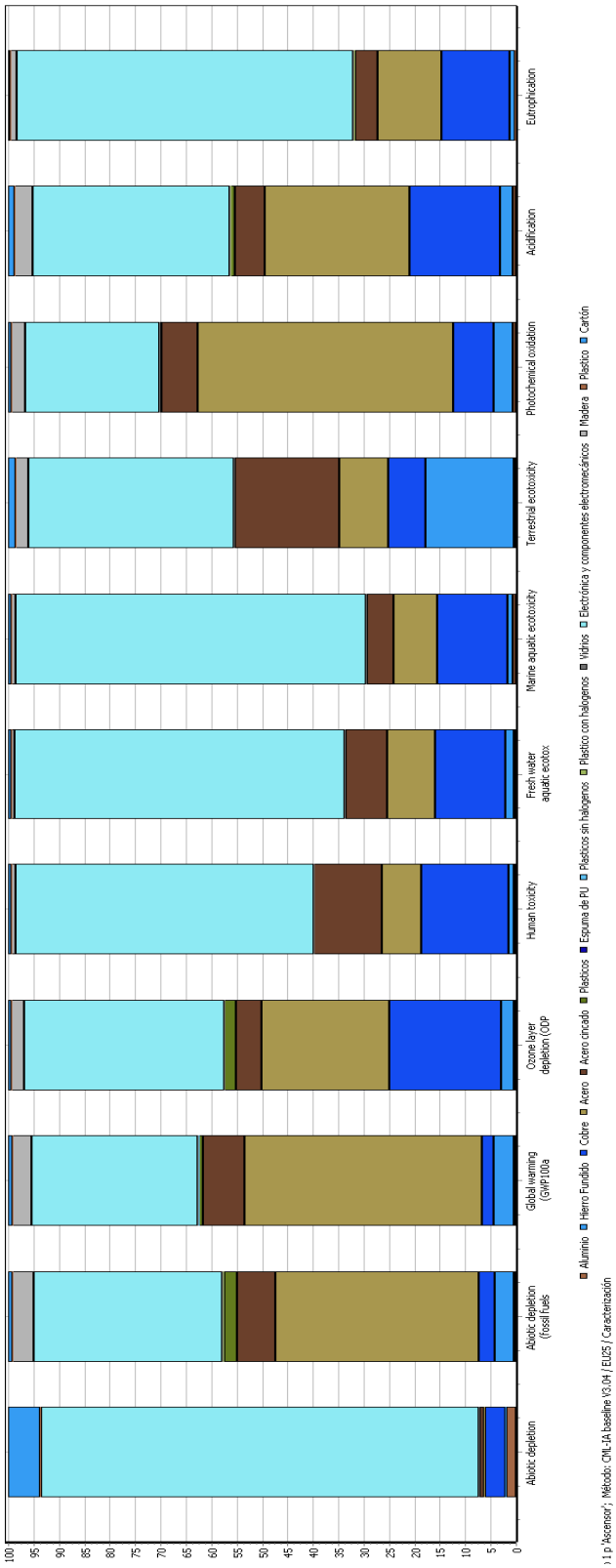


Figura VIII.1.- Impacto del ascensor por materiales

También se pueden obtener los procesos que llevan a esos valores para cada una de las 11 categorías, lo que constituye 11 gráficas y tablas muy grandes. Por no extender el documento presentamos simplemente la tabla y la gráfica de la categoría GW (como hemos indicado anteriormente la más conocida y difundida de todas). La tabla se presenta primero con los valores totales y luego con los de cada material simplemente por la extensión de la tabla que obliga a dividirla.

Tabla VIII.5 Ascensor, contribución TOTAL de procesos en categoría Global Warming

No	Proceso	Unidad	Total
	El total de todos los procesos	kg CO2 eq	8904,267
	Procesos remanentes	kg CO2 eq	1031,727
1	Pig iron {GLO}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	1856,882
2	Hard coal {CN}| mine operation | Alloc Def, U	kg CO2 eq	717,4645
3	Sinter, iron {GLO}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	470,0527
4	Quicklime, in pieces, loose {RoW}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	246,536
5	Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW}| heat production, at hard coal industrial furnace 1-10MW | Alloc Def, U	kg CO2 eq	243,082
6	Hard coal {RoW}| mine operation | Alloc Def, U	kg CO2 eq	174,2463
7	Electricity, high voltage {IN}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	157,8752
8	Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO}| processing | Alloc Def, U	kg CO2 eq	157,4935
9	Steel, unalloyed {RoW}| steel production, converter, unalloyed | Alloc Def, U	kg CO2 eq	143,3966
10	Diesel, burned in building machine {GLO}| processing | Alloc Def, U	kg CO2 eq	129,5153
11	Coke {RoW}| coking | Alloc Def, U	kg CO2 eq	127,0021
12	Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW}| heat production, at coal coke industrial furnace 1-10MW | Alloc Def, U	kg CO2 eq	83,0036
13	Electricity, high voltage {CN-NM}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	78,69947
14	Electricity, high voltage {ZA}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	75,14889
15	Clinker {RoW}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	73,28079
16	Electricity, high voltage {RoW}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	70,73621
17	Electricity, high voltage {RU}| heat and power co-generation, natural gas, conventional power plant, 100MW electrical | Alloc Def, U	kg CO2 eq	66,51285
18	Electricity, high voltage {CN-JS}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	65,01197
19	Coal gas {CN}| magnesium production, pidgeon process | Alloc Def, U	kg CO2 eq	64,90352
20	Polyethylene, high density, granulate {RoW}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	60,94917
21	Electricity, high voltage {CN-SD}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	60,00157
22	Electricity, high voltage {RFC}| electricity production, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	56,14779
23	Copper {GLO}| treatment of used cable | Alloc Def, U	kg CO2 eq	55,4901
24	Electricity, high voltage {SERC}| electricity production, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	52,40056
25	Electricity, high voltage {CN-SX}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	48,44662
26	Electricity, high voltage {CN-HE}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	47,80841
27	Electricity, high voltage {DE}| electricity production, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	47,43653
28	Electricity, high voltage {CN-GD}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	47,03884

29	Electricity, high voltage {RFC}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	46,32751
30	Electricity, high voltage {RoW}| electricity production, natural gas, conventional power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	45,65184
31	Electricity, high voltage {SERC}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	43,19091
32	Blast furnace gas {BR}| treatment of, in power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	42,88642
33	Electricity, high voltage {CN-HB}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	42,80034
34	Heat, district or industrial, other than natural gas {Europe without Switzerland}| heat production, at hard coal industrial furnace 1-10MW | Alloc Def, U	kg CO2 eq	42,00753
35	Electricity, high voltage {JP}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	40,1059
36	Electricity, high voltage {AU}| electricity production, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	40,09321
37	Electricity, high voltage {RoW}| electricity production, oil | Alloc Def, U	kg CO2 eq	39,79234
38	Coal tar {GLO}| treatment of, in industrial furnace 1MW | Alloc Def, U	kg CO2 eq	38,46278
39	Electricity, high voltage {IN}| electricity production, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	38,16933
40	Transport, freight train {US}| diesel | Alloc Def, U	kg CO2 eq	37,34907
41	Electricity, high voltage {CN-ZJ}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	35,66196
42	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RoW}| transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 | Alloc Def, U	kg CO2 eq	34,14783
43	Electricity, high voltage {KR}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	33,73364
44	Heat, district or industrial, natural gas {RU}| heat and power co-generation, natural gas, conventional power plant, 100MW electrical | Alloc Def, U	kg CO2 eq	33,26192
45	Electricity, high voltage, for internal use in coal mining {RoW}| electricity production, hard coal, at coal mine power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	31,56243
46	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO3 {RoW}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO3 | Alloc Def, U	kg CO2 eq	31,45584
47	Electricity, high voltage {RU}| heat and power co-generation, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	31,42498
48	Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW}| refinery gas, burned in furnace | Alloc Def, U	kg CO2 eq	30,70557
49	Diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW {GLO}| diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW | Alloc Def, U	kg CO2 eq	30,24716
50	Polyethylene, high density, granulate {RER}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	30,09358
51	Copper {RoW}| treatment of scrap by electrolytic refining | Alloc Def, U	kg CO2 eq	28,91316
52	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {RoW}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 | Alloc Def, U	kg CO2 eq	28,52306
53	Electricity, high voltage {CN-AH}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	28,47138
54	Electricity, high voltage {CN-LN}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	28,21977
55	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 {RoW}| transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 | Alloc Def, U	kg CO2 eq	27,87692
56	Electricity, high voltage {SA}| electricity production, oil | Alloc Def, U	kg CO2 eq	26,4885
57	Steel, unalloyed {RER}| steel production, converter, unalloyed | Alloc Def, U	kg CO2 eq	26,37357
58	Hazardous waste, for incineration {RoW}| treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration | Alloc Def, U	kg CO2 eq	26,08909
59	Electricity, high voltage, for internal use in coal mining {CN}| electricity production, hard coal, at coal mine power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	25,94459
60	Quicklime, in pieces, loose {CH}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	25,16964
61	Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW}| heat production,	kg CO2 eq	24,67788

	heavy fuel oil, at industrial furnace 1MW | Alloc Def, U		
62	Electricity, high voltage {ID}| electricity production, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	23,97039
63	Electricity, high voltage {WECC, US only}| electricity production, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	23,89262
64	Electricity, high voltage {DE}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	23,70072
65	Electricity, high voltage {GB}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	23,65808
66	Sweet gas, burned in gas turbine {RoW}| processing | Alloc Def, U	kg CO2 eq	23,65612
67	Hard coal {RNA}| mine operation | Alloc Def, U	kg CO2 eq	23,60459
68	Electricity, high voltage {JP}| electricity production, oil | Alloc Def, U	kg CO2 eq	22,66437
69	Blast furnace slag {RoW}| ground granulated production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	22,63011
70	Electricity, high voltage {RU}| heat and power co-generation, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	22,21375
71	Carbon black {GLO}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	21,65934
72	Hard coal {PL}| mine operation | Alloc Def, U	kg CO2 eq	21,65647
73	Electricity, high voltage {CN-NX}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	20,90192
74	Iron pellet {RoW}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	20,76412
75	Electricity, high voltage {JP}| electricity production, natural gas, conventional power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	20,50541
76	Electricity, high voltage {CN-SA}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	20,23074
77	Electricity, high voltage {CN-GZ}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	19,35824
78	Electricity, high voltage {CN-XJ}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	18,94239
79	Electricity, high voltage {CN-FJ}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	18,93544
80	Electricity, high voltage {RoW}| electricity production, natural gas, combined cycle power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	18,90565
81	Steel, low-alloyed {RoW}| steel production, converter, low-alloyed | Alloc Def, U	kg CO2 eq	18,67536
82	Electricity, high voltage {PL}| heat and power co-generation, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	18,66326
83	Blast furnace gas {BE}| treatment of, in power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	18,48302
84	Natural gas, vented {GLO}| natural gas venting from petroleum/natural gas production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	18,29125
85	Hard coal {RU}| mine operation | Alloc Def, U	kg CO2 eq	18,17984
86	Electricity, high voltage {UA}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	17,95669
87	Nitric acid, without water, in 50% solution state {RoW}| nitric acid production, product in 50% solution state | Alloc Def, U	kg CO2 eq	17,78518
88	Electricity, high voltage {CN-HL}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	17,74312
89	Hard coal {WEU}| mine operation | Alloc Def, U	kg CO2 eq	17,60896
90	Electricity, high voltage {MRO, US only}| electricity production, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	17,44717
91	Clay brick {RoW}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	16,66296
92	Electricity, high voltage {RoW}| heat and power co-generation, natural gas, conventional power plant, 100MW electrical | Alloc Def, U	kg CO2 eq	16,62009
93	Heat, district or industrial, natural gas {RoW}| heat and power co-generation, natural gas, conventional power plant, 100MW electrical | Alloc Def, U	kg CO2 eq	16,59255
94	Electricity, high voltage {WECC, US only}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	16,49585

95	Electricity, high voltage {TRE}| electricity production, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	16,16733
96	Heavy fuel oil, burned in refinery furnace {RoW}| processing | Alloc Def, U	kg CO2 eq	15,87453
97	Transport, freight, inland waterways, barge {RoW}| processing | Alloc Def, U	kg CO2 eq	15,83456
98	Waste natural gas, sweet {GLO}| treatment of, burned in production flare | Alloc Def, U	kg CO2 eq	15,81451
99	Electricity, high voltage {CN-HU}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	15,58722
100	Electricity, high voltage {CN-SH}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	15,13482
101	Transport, freight, light commercial vehicle {RoW}| processing | Alloc Def, U	kg CO2 eq	15,02214
102	Blast furnace gas {AT}| treatment of, in power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	14,94189
103	Electricity, high voltage {CN-JL}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	14,48327
104	Electricity, high voltage {RoW}| electricity production, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	14,43327
105	Electricity, high voltage {MRO, US only}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	14,41018
106	Electricity, high voltage {CN-HN}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	14,26725
107	Electricity, high voltage {SERC}| electricity production, natural gas, conventional power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	14,17803
108	Electricity, high voltage {TW}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	14,14006
109	Electricity, high voltage {PL}| heat and power co-generation, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	14,06543
110	Natural gas, burned in gas motor, for storage {RoW}| processing | Alloc Def, U	kg CO2 eq	13,95908
111	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER}| transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 | Alloc Def, U	kg CO2 eq	13,88006
112	Electricity, high voltage {TRE}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	13,32603
113	Electricity, high voltage {IR}| electricity production, oil | Alloc Def, U	kg CO2 eq	13,19563
114	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO3 {RER}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO3 | Alloc Def, U	kg CO2 eq	12,78585
115	Electricity, high voltage {CN-YN}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	12,48481
116	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland}| treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration | Alloc Def, U	kg CO2 eq	12,46735
117	Electricity, high voltage {CN-GS}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	12,25354
118	Polycarbonate {RoW}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	12,05335
119	Electricity, high voltage {CN-GX}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	12,01462
120	Transport, freight train {CN}| diesel | Alloc Def, U	kg CO2 eq	11,80483
121	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {RER}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 | Alloc Def, U	kg CO2 eq	11,59376
122	Electricity, high voltage {CN-SC}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	11,51357
123	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 {RER}| transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 | Alloc Def, U	kg CO2 eq	11,33113
124	Natural gas, high pressure {US}| natural gas production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	11,22557
125	Heat, central or small-scale, other than natural gas {RoW}| heat production, anthracite, at stove 5-15kW | Alloc Def, U	kg CO2 eq	11,21418
126	Electricity, high voltage {CN-JX}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	10,99605

127	Electricity, high voltage {JP}| electricity production, natural gas, combined cycle power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	10,9789
128	Electricity, high voltage {MY}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	10,7046
129	Electricity, high voltage {IR}| electricity production, natural gas, conventional power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	10,57756
130	Electricity, high voltage {CN-TJ}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	10,5396
131	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RoW}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 | Alloc Def, U	kg CO2 eq	10,48457
132	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RoW}| transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 | Alloc Def, U	kg CO2 eq	10,2429
133	Electricity, high voltage {ES}| electricity production, hard coal | Alloc Def, U	kg CO2 eq	10,23301
134	Electricity, high voltage {SA}| electricity production, natural gas, conventional power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	10,02777
135	Heat, district or industrial, other than natural gas {Europe without Switzerland}| refinery gas, burned in furnace | Alloc Def, U	kg CO2 eq	10,02438
136	Copper {RER}| treatment of scrap by electrolytic refining | Alloc Def, U	kg CO2 eq	9,963298
137	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3 {RoW}| transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3 | Alloc Def, U	kg CO2 eq	9,953851
138	Aluminium, primary, liquid {CN}| aluminium production, primary, liquid, prebake | Alloc Def, U	kg CO2 eq	9,878457
139	Clinker {Europe without Switzerland}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	9,540111
140	Transport, freight, sea, transoceanic tanker {GLO}| processing | Alloc Def, U	kg CO2 eq	9,464302
141	Hard coal {ZA}| mine operation | Alloc Def, U	kg CO2 eq	9,336085
142	Natural gas, unprocessed, at extraction {GLO}| production | Alloc Def, U	kg CO2 eq	9,321939
143	Electricity, high voltage {WECC, US only}| electricity production, natural gas, conventional power plant | Alloc Def, U	kg CO2 eq	9,147339
144	Waste natural gas, sour {GLO}| treatment of, burned in production flare | Alloc Def, U	kg CO2 eq	9,130604
145	Electricity, high voltage {CA-AB}| electricity production, lignite | Alloc Def, U	kg CO2 eq	9,03809

Ahora, en la tabla VIII.6, en vez del total, cada uno de los elementos que lo componen:

Tabla VIII.6 Ascensor contribución por materiales de procesos en categoría Global Warming

No	Aluminio	Hierro Fundido	Cobre	Acero	Acero cincado	Plasticos	Espuma de PU	Plastic sin halogen	Plast. con halogen	Vidrios	Electróni-ca y com-ponentes electro-mecánic.	Madera	Plastico	Cartón
	42,26153	340,7594	210,4676	4168,476	717,6684	82,6053	4,34336	2,937092	7,180384	6,911778	2905,622	346,3922	2,756266	65,88477
	9,815965	29,81411	37,60072	218,0213	75,78151	14,20592	3,911195	2,829522	6,526228	4,501989	558,783	58,39859	0,474005	11,06337
1	2,94955	105,1308	2,968769	1528,986	169,6979	0,303391	0,003846	0,001324	0,002614	0,022895	43,34314	2,5476	0,010123	0,914662
2	3,637643	30,26773	11,27335	357,3257	59,72309	2,873884	0,031081	0,002934	0,020167	0,186366	224,5876	21,701	0,095892	5,738006
3	0,750461	26,57467	0,787365	386,0868	42,92295	0,093773	0,001152	0,000346	0,000717	0,006489	11,8527	0,731469	0,003129	0,240697

4	0,614226	16,33613	0,730716	188,6269	29,56745	0,065731	0,001946	0,000393	0,006336	0,012081	9,586747	0,539228	0,002193	0,445988
5	1,474694	1,564716	14,44149	59,44406	43,89607	1,782292	0,007065	0,001815	0,005042	0,376652	113,243	2,475077	0,059469	4,310506
6	0,55942	7,760608	2,403623	94,62966	15,40087	0,76778	0,008062	0,000659	0,005144	0,045332	46,77092	5,02595	0,025618	0,842632
7	1,027033	4,780339	4,173059	27,04874	10,12393	1,331957	0,014447	0,000861	0,004304	0,063238	101,2592	6,170866	0,044443	1,832798
8	0,548919	8,453351	1,010318	120,8516	14,82787	0,28208	0,006953	0,004852	0,007026	0,02896	8,932601	1,519312	0,009412	1,010223
9	0,231095	0,073485	0,133112	141,2191	0,181713	0,014104	0,00015	6,17E-05	0,000125	0,001201	1,446757	0,07163	0,000471	0,023605
10	0,533923	2,875251	2,48747	33,09742	8,18515	0,276186	0,00407	0,00232	0,004991	0,045854	77,34257	2,970709	0,009215	1,680136
11	0,200693	6,925614	0,220493	100,6323	11,2131	0,026103	0,000326	9,43E-05	0,000276	0,001987	3,250105	4,464591	0,000871	0,065507
12	0,011869	0,098327	0,147354	1,807924	0,582272	0,018305	7,17E-05	1,93E-05	5,31E-05	0,003856	1,140425	79,14929	0,000611	0,043225
13	0,689616	2,386183	2,041524	15,49633	4,947092	0,609729	0,006723	0,000452	0,002059	0,030035	48,34414	2,931337	0,020345	1,193901
14	0,323276	1,557257	1,582529	9,325952	3,291229	0,482624	0,004634	0,000334	0,001468	0,023707	55,42121	1,934291	0,016104	1,184271
15	0,914719	0,789675	1,84634	25,43867	3,576303	0,252502	0,009826	0,012066	0,061382	0,025663	36,49344	1,137936	0,008425	2,713845
16	0,549908	2,148974	1,876708	12,40344	4,69199	0,616201	0,006411	0,000388	0,001936	0,027579	44,27293	2,769575	0,020561	1,349617
17	0,247183	2,139855	2,071647	12,29344	4,477096	0,586763	0,006215	0,000362	0,00186	0,033759	41,46146	2,700888	0,019578	0,472746
18	0,569678	1,971176	1,68646	12,80119	4,086689	0,503684	0,005554	0,000374	0,001701	0,024811	39,93607	2,421516	0,016806	0,986256
19	0,105443	3,51242	0,133867	50,96098	5,768396	0,027566	0,000192	4,95E-05	0,000147	0,001155	1,922527	2,434326	0,00092	0,035533
20	0,239805	0,069286	0,464201	0,746449	0,222995	8,995728	0,000332	0,000173	0,000397	0,001624	49,78063	0,104205	0,300158	0,023192
21	0,525773	1,81926	1,556486	11,81462	3,771732	0,464866	0,005126	0,000345	0,00157	0,022899	36,85825	2,234892	0,015511	0,910247
22	0,237363	1,731701	1,373776	9,722773	3,651212	0,478323	0,005132	0,000286	0,001455	0,022248	36,26153	2,231963	0,01596	0,414067
23	0,140827	0,052211	34,85522	0,49407	0,234442	0,045083	0,000845	2,19E-05	9,87E-05	0,004757	19,53531	0,061513	0,001504	0,064199
24	0,232894	1,61046	1,287313	9,048835	3,398331	0,445059	0,004779	0,000267	0,001354	0,020754	33,85407	2,075447	0,01485	0,406147
25	0,424521	1,468911	1,256742	9,539387	3,045381	0,375343	0,004138	0,000278	0,001268	0,018489	29,76018	1,804502	0,012524	0,734954
26	0,418929	1,44956	1,240186	9,413721	3,005263	0,370399	0,004084	0,000275	0,001251	0,018245	29,36813	1,780731	0,012359	0,725272
27	0,423967	1,2589	1,094484	7,027534	2,856305	0,680636	0,007231	0,000342	0,001367	0,021458	24,41254	9,266012	0,022711	0,363051
28	0,41377	1,425156	1,221499	9,260936	2,958301	0,364184	0,004016	0,00027	0,00123	0,017947	28,89252	1,750609	0,012152	0,71625
29	0,195848	1,428825	1,133502	8,022254	3,012613	0,394664	0,004234	0,000236	0,0012	0,018357	29,91937	1,841591	0,013169	0,341646
30	0,942023	1,136394	1,365836	6,757181	2,559903	0,358254	0,003628	0,000227	0,001058	0,016821	28,66751	1,461269	0,011954	2,369781
31	0,191962	1,327414	1,061061	7,458459	2,801058	0,366838	0,003939	0,00022	0,001116	0,017106	27,90405	1,710678	0,01224	0,334765
32	0,068464	2,424641	0,071826	35,22579	3,916201	0,008554	0,000105	3,13E-05	6,42E-05	0,000592	1,0812	0,066728	0,000285	0,02194
33	0,375045	1,297715	1,110273	8,427607	2,690454	0,331598	0,003656	0,000246	0,00112	0,016334	26,29174	1,594194	0,011064	0,649298
34	0,040395	0,135168	0,718067	1,951471	0,749852	0,300416	0,000619	0,000155	0,000528	0,040216	4,525911	33,44703	0,010024	0,087675
35	0,135823	1,28017	0,995639	7,156736	2,688111	0,353899	0,003785	0,000222	0,00114	0,016375	25,57365	1,651002	0,011808	0,23754

36	0,44648	0,928895	1,110932	5,704996	1,958629	0,252503	0,002829	0,000173	0,00084	0,01313	27,75344	1,154614	0,008425	0,757328
37	0,137742	1,259094	1,048362	7,241879	2,7404	0,347627	0,003728	0,000224	0,001129	0,015899	25,12476	1,621966	0,011599	0,237929
38	0,062606	2,076866	0,080478	30,12991	3,46862	0,016659	0,000117	2,96E-05	8,8E-05	0,000709	1,157574	1,447087	0,000556	0,021482
39	0,255476	1,152013	1,011975	6,522436	2,441318	0,321142	0,003486	0,000208	0,001038	0,015282	24,49115	1,486935	0,010715	0,456159
40	0,154752	1,57911	0,315238	20,11726	3,100857	0,190699	0,004935	0,003546	0,005106	0,013835	9,874977	1,427536	0,006363	0,554851
41	0,312494	1,081278	0,925098	7,022023	2,241731	0,276293	0,003046	0,000205	0,000933	0,01361	21,90672	1,328309	0,009219	0,541006
42	0,16084	1,453114	0,291309	17,71314	3,192662	0,275104	0,00895	0,006746	0,009591	0,037241	8,706999	1,590641	0,009179	0,692304
43	0,113245	1,07725	0,834714	6,014382	2,248396	0,29809	0,003192	0,000187	0,000959	0,01362	21,53067	1,390468	0,009946	0,198527
44	0,26575	0,597336	1,279444	6,246049	5,937737	0,197235	0,000714	0,000145	0,000904	0,003894	17,53263	0,820027	0,006581	0,373472
45	0,160026	1,331526	0,495933	15,71934	2,627316	0,126427	0,001367	0,000129	0,000887	0,008199	9,879973	0,954662	0,004218	0,252424
46	0,14816	1,338564	0,268327	16,31681	2,94098	0,253417	0,008244	0,006215	0,008835	0,034305	8,020578	1,465221	0,008456	0,637729
47	0,145222	0,990267	0,992658	5,710448	2,080227	0,272338	0,0029	0,00017	0,000864	0,015853	19,66021	1,248896	0,009087	0,295837
48	0,158381	1,032378	0,925214	12,32904	2,366946	0,721814	0,003512	0,002262	0,004047	0,05679	11,21519	1,445508	0,024085	0,420402
49	0,082545	0,385104	0,463505	4,052762	0,858274	0,614265	0,001153	0,000601	0,001142	0,019333	22,60924	0,432132	0,020496	0,706614
50	0,118404	0,03421	0,229199	0,368558	0,110104	4,44163	0,000164	8,54E-05	0,000196	0,000802	24,57912	0,051451	0,148203	0,011451
51	0,073378	0,027205	18,16133	0,257435	0,122156	0,02349	0,00044	1,14E-05	5,14E-05	0,002479	10,17889	0,032051	0,000784	0,033451
52	0,134346	1,213763	0,243313	14,79551	2,666778	0,22979	0,007476	0,005635	0,008011	0,031107	7,272785	1,328611	0,007667	0,57827
53	0,249485	0,863258	0,738569	5,606162	1,789727	0,220584	0,002432	0,000164	0,000745	0,010866	17,48963	1,06048	0,00736	0,431922
54	0,24728	0,855629	0,732042	5,556618	1,773911	0,218634	0,002411	0,000162	0,000738	0,01077	17,33507	1,051108	0,007295	0,428105
55	0,131303	1,186266	0,237808	14,46033	2,606365	0,224584	0,007306	0,005508	0,00783	0,030402	7,108041	1,298514	0,007494	0,56517
56	0,089168	0,845228	0,659647	4,734742	1,772426	0,233756	0,002504	0,000147	0,000753	0,010687	16,88427	1,09121	0,0078	0,156161
57	0,042503	0,013515	0,024482	25,97308	0,033421	0,002594	2,76E-05	1,13E-05	2,31E-05	0,000221	0,266088	0,013174	8,66E-05	0,004341
58	0,122556	0,013214	0,063619	0,148063	0,032297	0,092575	0,037712	0,006524	0,210991	0,000218	25,24826	0,102587	0,003089	0,007385
59	0,131543	1,094526	0,407661	12,92144	2,159677	0,103924	0,001124	0,000106	0,000729	0,006739	8,121426	0,784741	0,003468	0,207495
60	0,04591	2,092949	0,121061	16,02288	4,700546	0,009235	0,000176	7,39E-05	0,00049	0,004401	1,85339	0,069049	0,000308	0,249165
61	0,409216	0,190941	1,4004	5,688612	3,770298	0,161319	0,000828	0,000191	0,000586	0,036709	12,38318	0,23601	0,005383	0,394212
62	0,154707	0,738174	0,617926	4,436986	1,55396	0,197592	0,002143	0,000129	0,000654	0,009456	15,05033	0,92624	0,006593	0,275497
63	0,100357	0,73508	0,582537	4,124806	1,548501	0,203037	0,002178	0,000121	0,000618	0,009442	15,45667	0,947509	0,006775	0,174989
64	0,211976	0,628569	0,547353	3,509409	1,426352	0,339831	0,003611	0,000171	0,000683	0,010719	12,20168	4,625756	0,011339	0,183276
65	0,085088	0,776855	0,554833	4,204733	1,762925	0,428964	0,004532	0,000164	0,000762	0,01306	15,12325	0,508099	0,014313	0,180492
66	0,127504	0,881197	0,805957	7,782257	1,943971	1,056737	0,002228	0,001018	0,002022	0,047642	9,78906	0,923258	0,03526	0,258005
67	0,063223	1,143654	0,225976	14,09782	1,929501	0,069317	0,000796	6,61E-05	0,000658	0,003235	5,274311	0,714883	0,002313	0,078836

68	0,0765	0,723574	0,562538	4,044973	1,519313	0,200025	0,002139	0,000126	0,000644	0,009254	14,45166	0,93318	0,006674	0,133773
69	0,036128	1,279423	0,037901	18,58778	2,066483	0,004514	5,54E-05	1,65E-05	3,39E-05	0,000312	0,570523	0,035211	0,000151	0,011577
70	0,099804	0,702093	0,700409	4,046563	1,47401	0,193001	0,002053	0,00012	0,000612	0,011218	13,89002	0,885546	0,00644	0,201862
71	0,058245	0,054245	0,0669	0,537325	0,142663	19,61376	0,000189	0,000138	0,000203	0,001219	0,422924	0,08761	0,654447	0,019468
72	0,044892	0,968636	0,185391	11,71407	1,678802	0,08106	0,001046	0,000145	0,002848	0,005915	3,184821	3,72809	0,002705	0,058049
73	0,183156	0,63375	0,542212	4,115695	1,313906	0,161939	0,001786	0,00012	0,000547	0,007977	12,8398	0,778539	0,005403	0,31709
74	0,033151	1,17391	0,034781	17,05501	1,89608	0,004142	5,09E-05	1,53E-05	3,17E-05	0,000287	0,523581	0,032312	0,000138	0,010633
75	0,069213	0,654647	0,508952	3,659656	1,374586	0,180971	0,001935	0,000114	0,000583	0,008373	13,07502	0,844287	0,006038	0,12103
76	0,177275	0,6134	0,524801	3,983537	1,271716	0,156739	0,001728	0,000116	0,000529	0,007721	12,4275	0,753539	0,00523	0,306908
77	0,170282	0,586505	0,502693	3,811221	1,217451	0,149875	0,001653	0,000111	0,000506	0,007386	11,89035	0,720441	0,005001	0,294764
78	0,165986	0,574337	0,49138	3,729854	1,190729	0,146757	0,001618	0,000109	0,000496	0,007229	11,63609	0,705552	0,004897	0,287363
79	0,165925	0,574126	0,4912	3,728485	1,190292	0,146703	0,001618	0,000109	0,000495	0,007226	11,63181	0,705293	0,004895	0,287258
80	0,065433	0,598266	0,497227	3,44175	1,302102	0,165166	0,001771	0,000107	0,000537	0,007554	11,9367	0,770514	0,005511	0,113016
81	0,022776	0,040021	0,083008	0,397779	15,51965	0,010694	0,000138	3,39E-05	7,01E-05	0,000706	2,398156	0,150553	0,000357	0,051418
82	0,059839	0,600528	0,380528	3,874274	1,310443	0,287799	0,003059	0,000122	0,000787	0,009077	10,13706	1,870861	0,009603	0,119283
83	0,029506	1,044962	0,030955	15,18147	1,687789	0,003687	4,52E-05	1,35E-05	2,77E-05	0,000255	0,465971	0,028758	0,000123	0,009456
84	0,091638	0,646584	0,655666	6,945795	1,429162	1,06373	0,001828	0,001048	0,001973	0,033534	6,466252	0,710067	0,035493	0,208481
85	0,055184	0,827661	0,262669	10,44349	1,643768	0,059274	0,00061	6,37E-05	0,000531	0,004763	4,268314	0,522575	0,001978	0,088961
86	0,063682	0,587388	0,420314	3,193046	1,333985	0,321278	0,003394	0,000124	0,000577	0,009831	11,38936	0,491608	0,01072	0,131381
87	0,14298	0,249841	3,727564	3,379465	0,959766	0,250366	0,000275	2,26E-05	0,000145	0,001862	8,575497	0,111889	0,008354	0,377149
88	0,155477	0,537975	0,46027	3,493711	1,115342	0,137466	0,001516	0,000102	0,000464	0,006771	10,89939	0,660882	0,004587	0,26917
89	0,073505	0,733999	0,239558	8,495456	1,862767	0,117333	0,001224	7,45E-05	0,000424	0,004766	4,569916	1,422586	0,003915	0,083436
90	0,056984	0,54659	0,418074	3,049035	1,142471	0,150697	0,00161	8,91E-05	0,000457	0,006932	11,2644	0,70507	0,005028	0,099732
91	0,027942	0,07917	0,4328	0,780959	0,418759	0,076959	0,001378	1,82E-05	0,000129	0,011261	14,70389	0,062178	0,002568	0,064947
92	0,057523	0,52594	0,437116	3,025666	1,144687	0,145198	0,001557	9,36E-05	0,000472	0,006641	10,49363	0,677364	0,004845	0,099353
93	0,132568	0,297978	0,638244	3,115812	2,962012	0,09839	0,000356	7,25E-05	0,000451	0,001943	8,746071	0,409066	0,003283	0,186305
94	0,069288	0,507511	0,402193	2,847832	1,06911	0,14018	0,001504	8,38E-05	0,000427	0,006519	10,67153	0,654175	0,004677	0,120815
95	0,063852	0,500799	0,394109	2,811267	1,056154	0,138227	0,001481	8,25E-05	0,00042	0,006409	10,43293	0,645576	0,004612	0,111406
96	0,079758	0,560509	0,506353	6,692936	1,251002	0,398772	0,001842	0,001196	0,002155	0,027155	5,405025	0,722878	0,013306	0,211646
97	0,077492	0,814597	0,230734	11,28941	1,494665	0,015022	9,31E-05	2,12E-05	0,000171	0,00185	1,722969	0,041684	0,000501	0,145349
98	0,080162	0,566929	0,526548	5,910037	1,25425	0,891582	0,001573	0,000876	0,001659	0,029782	5,723582	0,617239	0,029749	0,180544
99	0,136585	0,472608	0,404344	3,069204	0,979822	0,120763	0,001332	8,96E-05	0,000408	0,005949	9,575045	0,580581	0,004029	0,236464

100	0,132621	0,458891	0,392609	2,980124	0,951383	0,117258	0,001293	8,7E-05	0,000396	0,005776	9,297141	0,56373	0,003913	0,229601
101	0,059187	0,274524	0,282823	3,121086	0,568827	0,059702	0,000651	0,000361	0,001451	0,085229	4,335841	6,042182	0,001992	0,188287
102	0,023853	0,84476	0,025025	12,27288	1,364428	0,00298	3,66E-05	1,09E-05	2,24E-05	0,000206	0,376697	0,023249	9,94E-05	0,007644
103	0,126912	0,439136	0,375707	2,85183	0,910426	0,11221	0,001237	8,32E-05	0,000379	0,005527	8,896898	0,539462	0,003744	0,219717
104	0,076378	0,443046	0,390354	2,562317	0,969513	0,122858	0,001328	8,03E-05	0,0004	0,005743	9,15259	0,569979	0,004099	0,134586
105	0,047065	0,451446	0,345301	2,518296	0,943604	0,124465	0,00133	7,36E-05	0,000378	0,005725	9,303634	0,58234	0,004153	0,082372
106	0,125019	0,432586	0,370103	2,809296	0,896848	0,110536	0,001219	8,2E-05	0,000373	0,005445	8,764204	0,531416	0,003688	0,21644
107	0,047945	0,443226	0,341658	2,482439	0,932172	0,122178	0,001306	7,25E-05	0,000371	0,005627	9,141629	0,571564	0,004077	0,083761
108	0,047492	0,451486	0,350354	2,522432	0,943232	0,124914	0,001338	7,85E-05	0,000402	0,005709	9,0224	0,582813	0,004168	0,083246
109	0,045097	0,452584	0,286782	2,919818	0,987606	0,216897	0,002306	9,19E-05	0,000593	0,006841	7,639717	1,40996	0,007237	0,089897
110	0,083251	0,471969	0,454875	2,588194	1,352999	0,117746	0,00107	7,21E-05	0,000378	0,017886	8,238308	0,499053	0,003929	0,129355
111	0,065377	0,590647	0,118408	7,199858	1,29772	0,111821	0,003638	0,002742	0,003899	0,015137	3,539132	0,646548	0,003731	0,281401
112	0,05263	0,412787	0,324847	2,317206	0,870542	0,113934	0,001221	6,8E-05	0,000347	0,005282	8,599414	0,532121	0,003802	0,091827
113	0,044518	0,420807	0,330431	2,364251	0,886106	0,116307	0,001246	7,36E-05	0,000375	0,005321	8,400934	0,543461	0,003881	0,077915
114	0,060222	0,544086	0,109067	6,632289	1,19542	0,103006	0,003351	0,002526	0,003591	0,013944	3,260122	0,595568	0,003437	0,259217
115	0,109821	0,378258	0,324204	2,45799	0,785177	0,09666	0,001066	7,17E-05	0,000327	0,004763	7,668503	0,464638	0,003225	0,190103
116	0,013288	0,005795	0,026201	0,062967	0,014567	0,044293	0,018118	0,003139	0,101464	0,000108	12,13514	0,038281	0,001478	0,002507
117	0,107374	0,37153	0,317866	2,412786	0,770265	0,094935	0,001047	7,04E-05	0,000321	0,004676	7,527205	0,456411	0,003168	0,185891
118	0,016016	0,000271	0,007672	0,002886	0,000846	0,001139	2,2E-05	5,24E-07	2,11E-06	3,59E-05	12,02346	0,000802	3,8E-05	0,000158
119	0,105685	0,364012	0,311994	2,365419	0,755606	0,09302	0,001026	6,9E-05	0,000314	0,004584	7,3797	0,447139	0,003104	0,182944
120	0,054574	0,484944	0,11545	6,124286	0,983437	0,062371	0,001557	0,001099	0,001587	0,004618	3,336026	0,448861	0,002081	0,18394
121	0,054608	0,493358	0,0989	6,013927	1,083965	0,093403	0,003039	0,002291	0,003256	0,012644	2,956167	0,54004	0,003117	0,235049
122	0,100889	0,349094	0,298671	2,267082	0,72375	0,089202	0,000984	6,61E-05	0,000301	0,004394	7,07265	0,428849	0,002976	0,174665
123	0,053371	0,482181	0,096662	5,877688	1,059409	0,091287	0,00297	0,002239	0,003183	0,012358	2,889204	0,527807	0,003046	0,229724
124	0,058749	0,458694	0,299572	2,161699	0,968482	0,09383	0,000882	5,54E-05	0,000288	0,023503	6,640428	0,440828	0,003131	0,075428
125	0,242716	0,05648	0,477824	0,714959	0,186078	0,049369	0,012437	0,002209	0,069154	0,001922	9,127918	0,239878	0,001647	0,031585
126	0,096355	0,333402	0,285246	2,165178	0,691218	0,085193	0,000939	6,32E-05	0,000288	0,004196	6,75474	0,409572	0,002843	0,166814
127	0,037058	0,350508	0,2725	1,959434	0,735974	0,096894	0,001036	6,09E-05	0,000312	0,004483	7,00056	0,452044	0,003233	0,064801
128	0,036123	0,341658	0,266427	1,915343	0,715585	0,094419	0,001011	5,95E-05	0,000304	0,004317	6,820108	0,443029	0,00315	0,06306
129	0,035686	0,337317	0,264872	1,895174	0,710299	0,093231	0,000999	5,9E-05	0,000301	0,004265	6,734152	0,435636	0,003111	0,062456
130	0,092355	0,319563	0,273405	2,075301	0,662525	0,081656	0,0009	6,06E-05	0,000276	0,004022	6,47435	0,392571	0,002725	0,15989
131	0,049383	0,446158	0,089437	5,438566	0,98026	0,084466	0,002748	0,002071	0,002945	0,011434	2,673345	0,488374	0,002818	0,212562

132	0,046481	0,408557	0,119021	4,96088	0,902416	0,079947	0,002509	0,001877	0,002677	0,010553	2,597168	0,912218	0,002668	0,195927
133	0,039076	0,329045	0,243981	1,785414	0,74771	0,181611	0,001923	7,01E-05	0,000324	0,005579	6,526495	0,269832	0,00606	0,095887
134	0,033756	0,319979	0,249723	1,792435	0,670989	0,088493	0,000948	5,58E-05	0,000285	0,004046	6,391891	0,4131	0,002953	0,059118
135	0,046522	0,403186	0,385891	4,807884	0,837909	0,3119	0,00114	0,000745	0,001408	0,013072	2,702441	0,382771	0,010407	0,1191
136	0,025286	0,009375	6,258285	0,088711	0,042094	0,008095	0,000152	3,92E-06	1,77E-05	0,000854	3,507583	0,011045	0,00027	0,011527
137	0,046877	0,423665	0,083656	5,1644	0,930827	0,080178	0,002609	0,001967	0,002796	0,010858	2,53775	0,463752	0,002675	0,201841
138	0,677914	0,06994	0,519557	0,718032	0,275673	0,031399	0,000568	4,64E-05	0,000115	0,004291	7,414835	0,064665	0,001048	0,100375
139	0,084502	0,098115	0,275368	2,830472	0,446035	0,035727	0,001643	0,001408	0,009393	0,003332	5,216544	0,146041	0,001192	0,390339
140	0,038533	0,374092	0,244249	4,74091	0,752586	0,423171	0,000758	0,000468	0,000871	0,012608	2,391721	0,38317	0,01412	0,087044
141	0,030221	0,360933	0,128146	4,422677	0,713745	0,032415	0,000314	3,27E-05	0,000241	0,002182	3,327931	0,239247	0,001082	0,076921
142	0,058754	0,43509	0,289501	1,937683	0,939454	0,076757	0,000651	4,61E-05	0,000241	0,029269	5,12784	0,354871	0,002561	0,06922
143	0,030624	0,285286	0,219572	1,59674	0,599372	0,078639	0,000841	4,67E-05	0,000239	0,003621	5,908342	0,367918	0,002624	0,053473
144	0,044662	0,316315	0,308399	3,647271	0,701914	0,579291	0,000941	0,000573	0,001065	0,016043	3,029973	0,356542	0,019329	0,108285
145	0,029584	0,248678	0,199683	1,382734	0,523779	0,067801	0,000724	4,25E-05	0,000218	0,003586	6,213173	0,316871	0,002262	0,048954

Y de forma gráfica se aprecia en la Figura VIII.2:

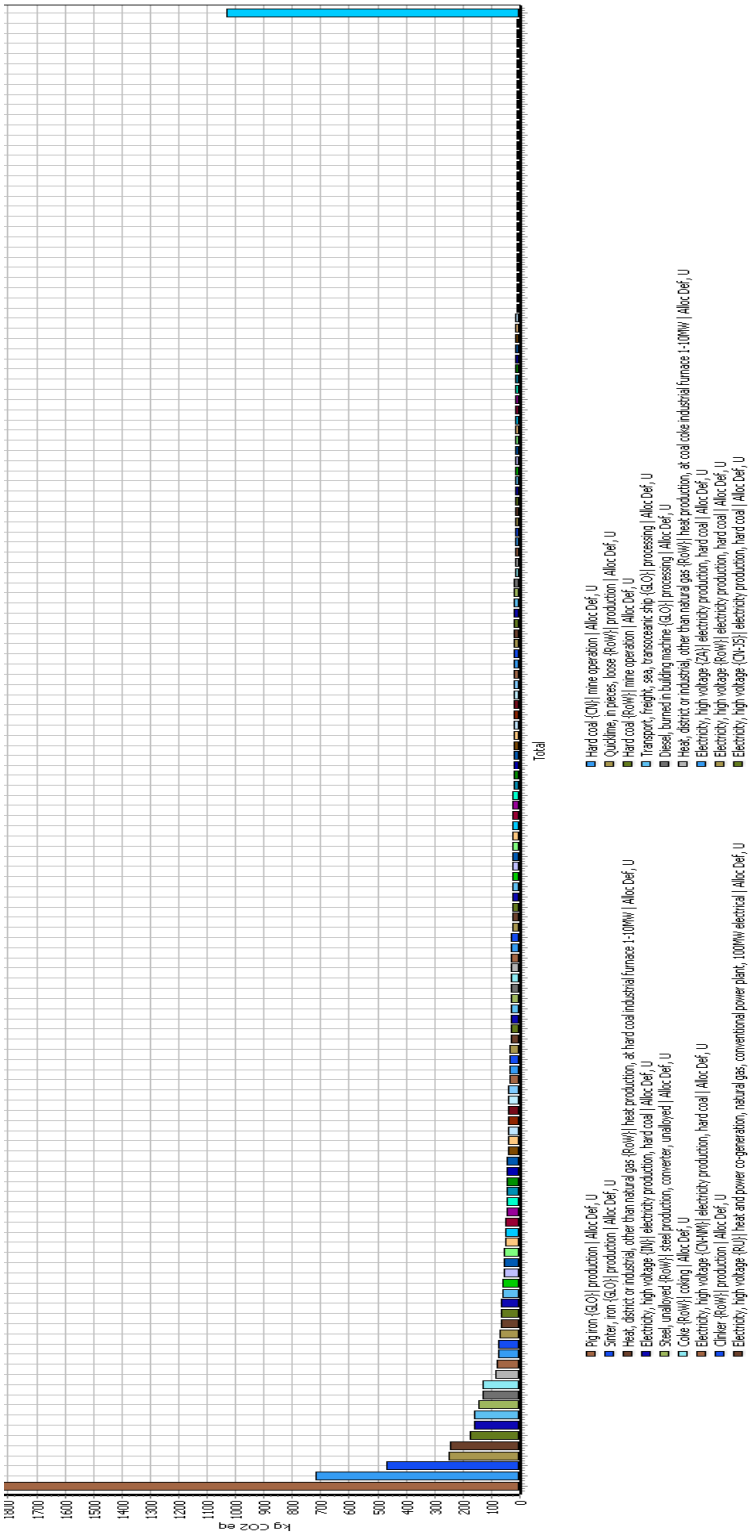


Figura VIII.2.- Ascensor, contribución por materiales de procesos en categoría Global Warming

Y el inventario (Global warming):

Tabla VIII.7 Ascensor, inventario en la categoría Global Warming

Sustancia	**El total de todos los comparti-mentos**	**Subst. Rema-nentes**	**Carbon dioxide, fossil**	**Methane, fossil**	**Dinitrogen monoxide**	**Carbon dioxide, land Transform.-mation**	**Sulfur hexaflu-oride**	**Methane, biogenic**
Unidad	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq	kg CO2 eq
Total	8904,267	14,06098	7948,284	832,9081	68,84183	16,41288	13,87182	9,887501
Aluminio	42,26153	0,40644	36,77265	4,007097	0,511486	0,399775	0,096621	0,067462
Hierro Fundido	340,7594	0,241204	304,4095	33,77808	1,453239	0,272694	0,42198	0,182699
Cobre	210,4676	2,451692	177,0956	20,19155	7,807347	1,14065	0,370302	1,410483
Acero	4168,476	3,07208	3753,52	393,3483	13,4503	1,70966	2,285697	1,090745
Acero cincado	717,6684	0,524069	644,324	67,00569	3,990549	0,611577	0,769555	0,44295
Plasticos	82,6053	0,04068	73,30101	8,247399	0,690147	0,10042	0,131012	0,094636
Espuma de PU	4,34336	0,000524	3,493347	0,822828	0,010198	0,00089	0,001415	0,014158
Plasticos sin halogenos	2,937092	4,9E-05	2,726576	0,188224	0,021918	6,64E-05	8,16E-05	0,000176
Plastico con halogenos	7,180384	0,000197	6,007819	1,164199	0,003987	0,000283	0,000378	0,003522
Vidrios	6,911778	0,003753	6,529569	0,331857	0,020932	0,004169	0,005858	0,01564
Electrónica y componentes electromecánicos	2905,622	6,986032	2573,191	267,3403	36,23991	7,200043	9,003165	5,662013
Madera	346,3922	0,251319	305,8676	30,64116	3,610551	4,612943	0,602614	0,806042
Plastico	2,756266	0,001357	2,445813	0,275189	0,023028	0,003351	0,004371	0,003158
Cartón	65,88477	0,081582	58,59977	5,566239	1,00824	0,356359	0,178765	0,093817

Y gráficamente:

Figura VIII.3.- Ascensor, inventario en la categoría Global Warming

8.4 Impacto del uso (energía)

Y por otro lado, además de los elementos que componen el ascensor podemos estudiar el la energía que consume la energía, de la que igualmente puede mostrase el Impacto, el Inventario para cada una de las categorías, y la contribución a procesos para cada una de las categorías.

De nuevo para simplificar y no extender demasiado el informe, presentaremos simplemente el impacto en esta ocasión, en la Tabla VIII.8:

Tabla VIII.8 Impacto por categorías de 1 kWh

Categoría de impacto	Unidad	Total
Abiotic depletion	kg Sb eq	7,2E-07
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	5,925942
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	0,475977
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,54E-08
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,151027
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	0,122123
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	611,8954
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,003643
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	0,000132
Acidification	kg SO2 eq	0,003307
Eutrophication	kg PO4--- eq	0,000649

Un análisis interesante que podemos hacer es la comparación del impacto de os materiales del ascensor con su uso. A partir de las tablas de dichos impactos (Tabla VIII.3 y Tabla VIII.8) podemos determinar en cada categoría los años de uso necesarios para tener el mismo impacto que los materiales, tal como se muestra en la Tabla VIII.9. Por ejemplo en la Categoría GW vemos que el uso de 23 años del ascensor equivale al de sus componentes. Es decir, en un ascensor con una vida de 45 dos tercios del impacto en GW provienen del uso.

Y no hay que olvidar que este estudio es para un ascensor concreto, y que se ha elegido con pocos paradas (seis). Cuando el número de paradas aumenta, por ejemplo si se duplican, aunque aumenta el impacto del ascensor aumenta muchísimo más el derivado de su uso, pues no sólo hay más paradas sino además viajes más largos, además de que elementos del ascensor (cabina, contrapeso, etc.) son independientes del número de paradas. Así, para ciertos ascensores ese tiempo puede ser incluso inferior a 5 años.

Tabla VIII.9. Equivalencia ambiental de instalación con años de uso por categorías

Categoría de impacto	Unidad	Instalación	Uso 1 año (827,11kWh)	Años de uso eq. Instalac.
Abiotic depletion	kg Sb eq	1,24029894	0,00059547	2083
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	92819,5274	4901,40606	19
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	8904,26704	393,685178	23
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	0,00079044	5,4073E-05	15
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	22768,8164	124,916056	182
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	13494,9079	101,008833	134
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	38195255,7	506104,841	75
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	72,4046547	3,01323589	24
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	5,27824557	0,10934295	48
Acidification	kg SO2 eq	59,3534078	2,7350335	22
Eutrophication	kg PO4--- eq	53,5430227	0,53667372	100

CAPÍTULO 9

9 Aportaciones y líneas futuras de investigación

9.1 Aportaciones

En este trabajo de investigación se ha realizado un estudio sobre la eficiencia energética de los ascensores, detectándose la necesidad de mejorar los ascensores existentes.

Se ha realizado una optimización en el sistema de contrapesos, consiguiendo un importante ahorro energético por viaje y pasajero. Esta energía antes se desperdiciaba en una resistencia, se acumulaba en un tipo de baterías o simplemente se necesitaba aporte energético de la red.

Se ha inventado un resorte acumulador de energía capaz de absorber la energía cuando el ascensor trabaja como generador de energía y como fuente de energía cuanto esta es demandada por el ascensor.

Como se ha podido observar, el sobredimensionamiento de los ascensores, hace que con los contrapesos tradicionales (peso de cabina más la mitad de la carga en cabina) sean poco eficientes para el tipo de uso y el pasaje de éste.

Finalmente se ha determinado el impacto ambiental de los ascensores mostrando los resultados de un análisis de ciclo de vida desarrollado con la aplicación Simapro.

9.2 Líneas futuras de investigación

Esta tesis es un paso más en el estudio, modelado y simulación de la optimización energética de los ascensores. Como futuras líneas en las que seguir trabajando dentro de este campo se sugieren las siguientes:

- Mejora de los materiales en la cabina consiguiendo materiales más ligeros y resistentes, consiguiendo un ahorro energético por cada viaje del ascensor.
- Optimización del hueco del ascensor, desarrollando mejoras en los contrapesos y cabinas, así como el guiado de estas, consiguiendo un ahorro de espacio y materiales.
- Optimización en la apertura de puertas, desarrollando motores y sistemas más eficientes en las aperturas y cierres de puertas.
- Mejoras en las guías y deslizaderas de cabina y contrapeso, intentando suprimir al máximo las perdidas por rozamientos de estos.

- Recuperación de la energía producida por una cabina de un ascensor hidráulico en bajada.
- Estudio de maniobras más eficientes en el periodo de reposo del ascensor.

REFERENCIAS

10 Referencias

10.1 Normativa

UNE-EN 81-41:2011 Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores. Ascensores especiales para el transporte de personas y cargas. Parte 41: Plataformas elevadoras verticales para el uso por personas con movilidad reducida

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 2: Ascensores hidráulicos.

UNE-EN ISO 25745-1:2012 Eficiencia energética de los ascensores, escaleras mecánicas y andenes móviles. Parte 1: Medición de la energía y verificación.

UNE-EN ISO 25745-2:2015 Eficiencia energética de los ascensores, escaleras mecánicas y andenes móviles. Parte 2: Calculo energético y clasificación de los ascensores

VERIN DEUTSCHE INGENIEURE (2009) VDI4740 PART1 Lifts Energy Eficiency.

10.2 Fuentes

Fuente: [1]The elevator museum en la página web: https://theelevatormuseum.org/early1.php

Fuente:[2] libros maravillosos página web: www.librosmaravillosos.com/historiadelasmatematicasenlosultimos10000anos/capitulo02.html

Fuente:[3] Musei Vaticani página web: www.museivaticani.va/content/museivaticani/es/collezioni/musei/museo-gregoriano-profano/Mausoleo-degli-Haterii.html

Fuente:[4]Elevadores: Principios e innovaciones, autor Antonio Miravete/Emilio Larrodé capítulo 2 pag 16

Fuente: [5] The elevator museum en la pagina web: https://theelevatormuseum.org/early4.php

Fuente:[6] *Scientific American Supplement*, n.º 598, 18 de junio de 1887

Fuente:[7] Wikipedia pagina web: https://es.wikipedia.org/wiki/Denis_Papin

Fuente:[8] The Potteries página web: www.thepotteries.org/biographies/newcomen.htm

Fuente:[9]Inventionary página web: www.inventionary.com.ar/2013/01/05/inventor-de-la-maquina-de-vapor/

Fuente:[10] Wikipedia página web: https://en.wikipedia.org/wiki/Oliver_Evans

Fuente:[10] Wikipedia página web: https://en.wikipedia.org/wiki/Oliver_Evans

Fuente:[11] Técnologias página web: www.tecnologias.us/JAMES%20WATT%20Y%20LA%20MAQUINA%20DE%20VAPOR.htm

Fuente:[12] Elevadores: Principios e innovaciones, autor Antonio Miravete/Emilio Larrodé capítulo 2 página 19

Fuente:[13] The elevator museum página web: https://theelevatormuseum.org/steam1.php

Fuente:[14] Wikipedia página web: https://en.wikipedia.org/wiki/Elisha_Otis

Fuente: [15]The elevator museumen la página web: https://theelevatormuseum.org/steam2.php

Fuente:[16] The elevator museum en la página web: https://theelevatormuseum.org/elec1.php

Fuente: [17] Afinidad eléctrica pagina web: www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=125

Fuente: Elevadores:[18] Principios e innovaciones, autor Antonio Miravete/Emilio Larrodé capítulo 2 pag 29

Fuente:[19] Eca Instituto de Tecnología y Formación, S.A. Ascensores Electromecánicos I

Fuente:[19] Eca Instituto de Tecnología y Formación, S.A. Ascensores Electromecánicos I

Fuente:[20] Eca Instituto de Tecnología y Formación, S.A. Ascensores OleodinámicosFuente: [21] Guía sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Ascensores de la Comunidad de Madrid, pagina web: www.madrid.org

Fuente: :[22] Eca Instituto de Tecnología y Formación, S.A. Ascensores Electromecánicos II

Fuente: [23] Otis página web: http://www.otis.com/site/ar/pages/Gen2Elevator.aspx

Fuente:[24]rescateascensores.es en la página web: https://www.google.es/search?q=diario+de+un+ascensorista+cuadros&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjDlvT-zKPTAhVMtBQKHQ4gCdoQ_AUIBigB&biw=1366&bih=643#tbm=isch&q=+ascensorista+cuadros&imgdii=Ao-EjVBXgjVVYM:&imgrc=nmr0LrAm7z40XM:&spf=414

Fuente:[25]Catálogo de Philips, catálogo de Osram 2010/2011 y catálogo de Sylvania.

Fuente:[26] Técnica Industrial página web: http://www.tecnicaindustrial.es/tifrontal/a-1969-La-proteccion-medioambiental-sector-ascensorista.aspx

Fuente:[27] El Mundo datos del FEEDA Federación Empresarial Española de Ascensores publicado en la pagina web: http://www.elmundo.es/economia/2016/04/19/570fe21746163f45088b4572.html

o en http://www.feeda.es/noticia.php?id=0000078

Fuente: [28]Ente Regional de la Energía de Castilla y León(EREN), Manual de eficiencia energética en aparatos de elevación, pagina web: www.eren.jcyl.es

Fuente: [29] Diario de un ascensorista, página web: http://diariodeunascensorista.blogspot.com.es/2013/11/historia-ascensor-3.html

Fuente: [30] Ascensores. Eficiencia energética y clasificación según VDI 4707, autores: Ignacio Chozas Rivera, Alberto Roig Domínguez y pedro González Castaño. Página web: http://aulagreencities.coamalaga.es/wp-content/uploads/2014/05/ASCENSORES.-EFICIENCIA-ENERG%C3%89TICA-Y-CLASIFICACI%C3%93N-SEG%C3%9AN-VDI-4707.pdf

Fuente:[31] Finder pagina web: https://www.findernet.com/es/worldwide/products/families/23/series/80

Fuente: [32] B.E.G. Página web: http://www.luxomat.com/es/

Fuente: [33] Philips Lighthing Página web: http://www.lighting.philips.es/prof

Fuente:[34] Mitsubishi Electric página web: http://www.mitsubishielectric.com/elevator/es/overview/elevators/systems.html

Fuente:[35] Epic Power en la página web: http://epicpower.es/

10.3 Bibliografía

Janovsky. L (1999). Elevator mechanical design (3º edición). Elevator world, Inc 401pp.

http://epicpower.es/es/ productos de instalación que hacen que un ascensor pueda reducir consumos. El ultracapacitor

Antonio Miravete – Emilio Larrodé 2007 Elevadores : principios e innovaciones. Editorial Reverte

Jimenez Alonso L.A.(2015): ERS P3k Datasheet. (didponible online)-www.epicpower.es

Jimenez Moreno, C. (1999)El ahorro energético aplicado a la utilización de los ascensores. Revista técnica industrial nº 234

Jimenez Moreno, C. (2010)Ascensores de última generación energéticamente eficientes. Revista técnica industrial nº 288

Oyarbide, E. Elizondo, I., Martínez-Iturbe, A., Bernal, C., Irisarri, J.(2011): Ultracapacitor-based plug & play energy-recovery System for elevator retrofit, IEE international Symposium on industrial Electronics (ISIE), pp462-467, Gdansk, Polonia

"Energy Efficient Elevators and Escalators". Universidad de Coimbra (Portugal). Año 2010.

"Guía de ahorro y eficiencia energética en hoteles de la Comunidad Valenciana". AVEN (Agencia Valenciana de la Energía). Año 2003.

"Guía de ahorro y eficiencia energética en oficinas y despachos". EREN (Ente Regional de la Energía de Castilla y León). Año 2010.

"Guía sobre eficiencia energética en comunidades de propietarios". Dirección general de Industria Energía y Minas – Consejería de Economía y Consumo de la Comunidad de Madrid. Año 2006.

"Manual de Auditorías Energéticas en Edificios". EREN (Ente Regional de la Energía de Castilla y León). Año 2009.

"Manual del transporte vertical". Schindler. Año 2006.

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.

Revista Ascensores y Montacargas. http://www.doopaper.com/pubs/ascensores-montacargas/

"Manual de eficiencia energética en aparatos elevadores. Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN) 1 de mayo de 2012"

Guía sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Ascensores (2016) Varios autores. 04-05-2016