	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ELEVADOR DE CARGA PARA LA COMPAÑÍA INDUSTRIAS ESTRA MEDELLIN**

Bersasar Acosta Cuello

Alexander Sánchez Ramírez

Ingeniería Electromecánica

Director del trabajo de grado

Manuel Alejandro Ospina Alarcón.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**2018**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

Con el fin de mejorar y agilizar los procesos de almacenamiento, producción y distribución de mercancía en la compañía Industrias Estra de Medellín, se buscó con este trabajo de grado realizar el diseño y montaje de un elevador de carga automatizado, que cumpla con las normas técnicas y de seguridad requeridas, de ascenso y descenso, entre los pisos 1, 2 y 3, efectuando una transformación en la bodega de productos terminados de la compañía Industrias Estra, empresa dedicada a la elaboración de productos plásticos para la industria y el hogar. Con la elaboración de este diseño, se pudo agilizar los procesos de almacenamiento de mercancía, y de esta manera reducir los tiempos de productividad.

La función principal del elevador de carga es la de transportar mercancía en forma vertical. El funcionamiento entre niveles, así como la marcha y paro, está destinado al uso de personal autorizado y debidamente capacitado. Las dimensiones de la cabina, así como los niveles de carga del elevador, son los adecuados para la carga y descarga de mercancía.

Dentro de los propósitos de diseño, se buscó que los modos de desplazamiento de la cabina se pudieran controlar desde los distintos niveles de piso, sin necesidad de que el operario acompañe la carga. De esta manera se dio un mayor aprovechamiento de la superficie de la cabina y la periodicidad carga-transporte-descarga se efectuó en menor tiempo. Para este modo de funcionamiento se requiere la presencia de un operario en cada nivel de planta, o que el mismo se desplace entre parada por el exterior. Para el control del elevador de carga se contó con una botonera de mando en cada nivel de piso.

**Palabras clave:** Elevador de carga, elevador por adherencia, automatización de elevadores, diseño, factor de seguridad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

---

Queremos expresar el más sincero agradecimiento a nuestro Director de Trabajo de Grado, Manuel Alejandro Ospina, quien, sin sus oportunas y acertadas recomendaciones, consejos y agilidad en responder a cada una de nuestras inquietudes, no habríamos logrado sacar adelante un trabajo tan complejo como el que nos propusimos.

Al Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) por habernos permitido realizar nuestro sueño profesional, formándonos ante todo como personas. A cada uno de los docentes por su incomparable valor humano e intelectual. A nuestros compañeros de estudio y demás personal de esta gran familia universitaria. Nunca los olvidaremos.

Un especial agradecimiento a Industrias Estra por abrirnos las puertas y concedernos su confianza para diseñar y fabricar un nuevo sistema de transporte de mercancía que cumpliera con las exigencias y aspiraciones de la empresa.

A nuestras familias, más que un agradecimiento, una dedicatoria. Este trabajo también es de ustedes. Gracias por su apoyo incondicional durante todo este proceso de aprendizaje, a veces con sacrificio, pero por fortuna, con una enorme satisfacción.

# ACRÓNIMOS

---

*ASTM* American Society for Testing Materials.

*BD* Base Data

*Bus CAN* Controller Area Network

*CAD* Computer-Aided Design

*EV* Electroválvulas

*FDS* Factor de seguridad

*MS* Microswitches

*PE* Paro de Emergencia

*PLC* Programmable Logic Controller

*PTC* Parametric Technology Corporation

*SFC* Sequential Function Chart

*SI* Sensor Inductivo

*SL* Señal Luminosa

*XC* Series Programmable Controller



## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	8
1.1 Generalidades	8
1.2 Antecedentes	9
1.3 Objetivos	10
1.4 Organización del trabajo	11
2. MARCO TEÓRICO .....	12
2.1 Elevadores de Carga	12
2.1.1 Clasificación de los sistemas de elevación	13
2.1.1.1 Según el tipo de accionamiento	13
2.1.1.2 Según la actividad o función	15
2.1.2 Componentes de los elevadores electromecánicos	16
2.1.3 Elevador por adherencia	20
2.1.4 Fabricación	22
2.2 Control Automático	26
2.2.1 PLC	28
2.2.2 Variador de Frecuencia	29
2.3 Diseño	31
2.3.1 Cajas negra y transparente	32
2.3.2 Software de diseño asistido por computadora (CAD)	32
2.3.3 PTC Creo Parametric	32
2.3.4 SolidWorks	33
2.4 Análisis Estructural	34
2.4.1 Tensión de Von Mises	34
2.4.2 Factor de Seguridad	34
3. CONTROL AUTOMÁTICO DEL ELEVADOR DE CARGA	35
3.1 Componentes de Automatización	35

3.1.1 PLC Xinje	35
3.1.1.1 Resumen del PLC de la serie XC y del formato del programa	37
3.1.1.2 Disposición de terminales	38
3.1.1.3 Fuente de alimentación	40
3.1.2 Variador de Frecuencia LS	41
3.1.3 Motorreductor SIEMENS	44
3.1.3.1 Características estructurales	45
3.1.3.2 Contactor motor	46
3.2 Programación	47
3.2.1 Funcionamiento	47
3.2.1.1 Variables de entrada	48
3.2.1.2 Variables de salida	54
3.2.2 Programación en XC Pro de Xinje	56
3.2.2.1 Creación de nuevo proyecto	57
3.2.2.2 Desarrollo del programa en Ladder	58
3.2.2.3 Planos de conexión al PLC	81
3.3 Configuración del Variador de Frecuencia LS85	
3.3.1 Teclado de programación y operación básica	89
3.3.2 Desplazamiento entre grupos	90
3.3.3 Parametrización	91
3.3.3.1 Definición de la frecuencia	93
3.3.3.2 Definición del tiempo de aceleración	94
3.3.3.3 Definición del tiempo de desaceleración	95
4. DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES	96
4.1 Diseño del elevador	96
4.1.1 Caja negra	97
4.1.2 Caja transparente	99
4.2 Diseño en Creo Parametric	101
4.2.1 Planos y renderizados	108

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.3 Cálculo y selección de componentes	151	
4.3.1 Cálculo de la potencia del motor y selección del reductor	151	
4.3.2 Cálculo del cable de elevación	159	
4.3.3 Cálculo del diámetro del tambor	165	
4.3.4 Cálculo de poleas	166	
4.3.5 Cálculo del contrapeso	167	
5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y SIMULACIÓN	169	
5.1 Cálculo de esfuerzos por flexión	169	
5.2 Simulación de esfuerzos	178	
5.2.1 Análisis del armazón-plataforma	178	
5.2.2 Factor de seguridad para la estructura de la plataforma	183	
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	185	
7. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	201	
8. REFERENCIAS	203	

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 Generalidades

El crecimiento de las empresas se refleja en la calidad que presentan sus productos, y estos, a su vez, son el resultado de una serie de elementos que han llevado a tener una mayor eficiencia desde la obtención de la materia prima, su procesamiento, almacenamiento y distribución. Por este motivo, las compañías deben prestar especial atención a la forma en que se distribuye y almacena la mercancía en sus instalaciones. Los elevadores de carga han sido sin duda alguna una columna fundamental en las grandes industrias para trasladar de forma segura y rápida sus productos y así mantener el mayor flujo de dividendos.

El diseño es una de las herramientas más fundamentales de la ingeniería, siendo su principal objetivo buscar la mejor solución económica y técnica a un problema. De acuerdo con Budynas y Nisbett (2008), diseñar es establecer un plan para resolver un problema. Si este plan termina en la creación de algo físicamente real, entonces el dispositivo, producto o mecanismo debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. En este sentido, buscar la mejor solución para el transporte de mercancía para la compañía se fundamenta principalmente en un buen diseño. Cabe aclarar que todo diseño es único, en el sentido en que para cada problema existe un tipo de solución, sin embargo, el propósito o finalidad siempre es el mismo, y para la ingeniería el propósito del diseño es conseguir de la manera más simple, económica y funcional, la solución a un problema existente.

## 1.2 Antecedentes

Anteriormente en la compañía Industrias Estra de Medellín se contaba con el funcionamiento de un malacate para el transporte de mercancía. Este sistema era insuficiente para el proceso de almacenamiento, carga y descarga de productos terminados y materia prima, por lo que se requería la implementación de un nuevo modo de transporte que cumpliera de manera eficiente con los tiempos exigidos dentro de la instalación. Este malacate cumplía una función primordial dentro del proceso de almacenamiento de producto terminado. Su capacidad de carga era de 300 kg. En ella se transportaba gran parte del producto terminado de la compañía. Uno de los inconvenientes más comunes de este dispositivo era que presentaba fallas mecánicas y eléctricas, incluso en 3 oportunidades se había desprendido de su posición original. El estudio realizado permitió determinar que el sistema más adecuado para solucionar este problema consistía en el diseño y fabricación de un elevador de carga automatizado. Con este nuevo tipo de transporte se logra agilizar considerablemente las tareas de transporte, carga y descarga de toda clase de material, ya sea de productos terminados o materia prima.

Por esta razón, se diseñó e implementó un sistema de elevación de carga totalmente automatizado que se ajustó a los estándares de calidad de las normas AISC360-05, CPE INEN 5 y ASCE 7, que garantice principalmente la seguridad del personal operativo, el incremento de la producción, nuevos diseños y tamaños de envases plásticos. Se aumentó la capacidad máxima de carga a 693 kg, para mejorar la demanda de mercancía que se fabrica diariamente en la compañía.

Además, en el sistema automatizado del elevador de carga se incluyeron mejoras y sustitución de elementos físicos por funciones realizables por un PLC. Para ello fue necesario el estudio de todos los componentes que hacen parte de un elevador de carga, así mismo como todas las variables y elementos que conforman el sistema de control.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 1.3 Objetivos

### General

Diseñar e instalar un elevador de carga automatizado, que cumpla con las especificaciones técnicas exigidas de ascenso y descenso, entre los pisos 1, 2 y 3 de la compañía Industrias Estra, empresa dedicada a la elaboración de productos plásticos para la industria y el hogar.

### Específicos

- Desarrollar un sistema automatizado de control, que garantice de forma adecuada, el desplazamiento del elevador de carga, con cada uno de sus componentes de mando.
- Diseñar mediante el programa asistido por computadora PTC Creo Parametric, cada uno de los componentes que conforman el elevador de carga.
- Realizar los cálculos de los principales elementos del elevador, evaluando su resistencia y capacidad de carga.
- Realizar pruebas por simulación que cumplan con el factor de seguridad exigido para todo diseño en ingeniería.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 1.4 Organización del trabajo

Con el fin de cumplir satisfactoriamente con cada uno de los objetivos previamente expuestos, el presente proyecto se dividió de la siguiente manera: En la sección 2 se presentan los conceptos básicos que constituyen la base fundamental para el desarrollo posterior del diseño del elevador. Todo el algoritmo de programación, así como los planos eléctricos de control del elevador que ejecutará el autómata para el ascenso y descenso, se dan en la sección 3. La sección 4 presenta paso a paso el diseño propuesto del elevador mediante CAD. El análisis del desempeño del sistema mediante pruebas de resistencia y capacidad de carga del elevador, con el fin de cumplir las condiciones necesarias de seguridad del personal operativo se desarrolla en la sección 5. Los resultados del funcionamiento del elevador y posibles mejoras del sistema se dan en la sección 6. Finalmente, las conclusiones y trabajos futuros se reportan en la última sección (sección 7).

## 2 MARCO TEÓRICO

---

Esta sección introduce los conceptos básicos necesarios para entender el funcionamiento y desarrollo del elevador de carga. Inicialmente se presenta la clasificación de los sistemas de elevación según el tipo de accionamiento y según la actividad o función. A continuación, están los componentes más comunes que integran a un elevador electromecánico. Luego, se justifica por que el elevador por adherencia es el más adecuado para el proyecto. La sección 2.1.4 detalla las condiciones para la fabricación del elevador, tipo de material utilizado y la norma ASTM (Asociación Americana para pruebas y Materiales) que desarrolla y publica las normas técnicas para una amplia gama de materiales. Finalmente, las secciones 2.2 y 2.3 describen los criterios fundamentales del control automático y el diseño, respectivamente.

### 2.1 Elevadores de carga

Un elevador de carga consiste básicamente en un ascensor, destinado al transporte de mercancías y cargas con pesos y volumen considerables de un piso a otro dentro de un edificio o estructura. El elevador de carga, a diferencia de un ascensor convencional, debe cumplir con las condiciones necesarias de peso, espacio, potencia y velocidad; solo así se garantiza su correcto funcionamiento para largos periodos de operación.

En la actualidad, gran parte de los elevadores de carga son electromecánicos, habiendo alcanzado su mayor auge con el desarrollo de la electrónica y el control. De acuerdo con Larrodé (Larrodé, 2011), para el diseño de un elevador de carga es fundamental tener presente las condiciones de trabajo dentro de la instalación, como el espacio, el peso a transportar, la potencia y la cantidad de demanda de mercancía de la compañía. Por otra



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

parte, es importante realizar un estudio de los sistemas que conforman a un elevador y las medidas de seguridad.

### **2.1.1 Clasificación de los sistemas de elevación**

Aunque todos los tipos de elevadores cumplen con la misma función, no todos presentan la misma estructura, modo de operación o alimentación. En esta sección se presentan los elevadores de carga más comunes de acuerdo con el tipo de accionamiento y a la actividad o función.

#### **2.1.1.1 Según el tipo de accionamiento**

De acuerdo con el tipo de accionamiento de la estructura de elevación, los elevadores de carga se clasifican en:

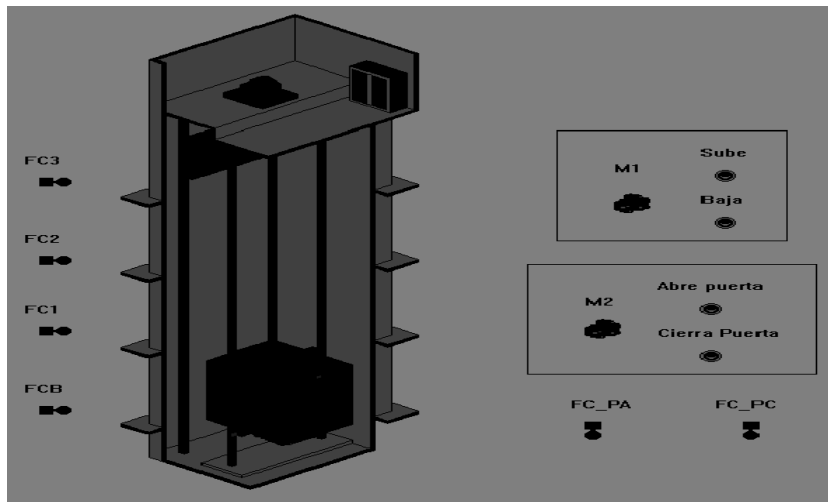
- **Elevadores electromecánicos**

Es un sistema de elevación integrado por elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos. Un motor eléctrico es el encargado de suministrar la potencia de elevación. En este tipo de elevadores el grupo tractor está constituido por un motor acoplado a un reductor de velocidad y en el eje de salida va instalada la polea, encargada de arrastrar los cables por adherencia. En la Fig.1 se dan a conocer los componentes básicos de un elevador electromecánico.

- **Elevadores hidráulicos**

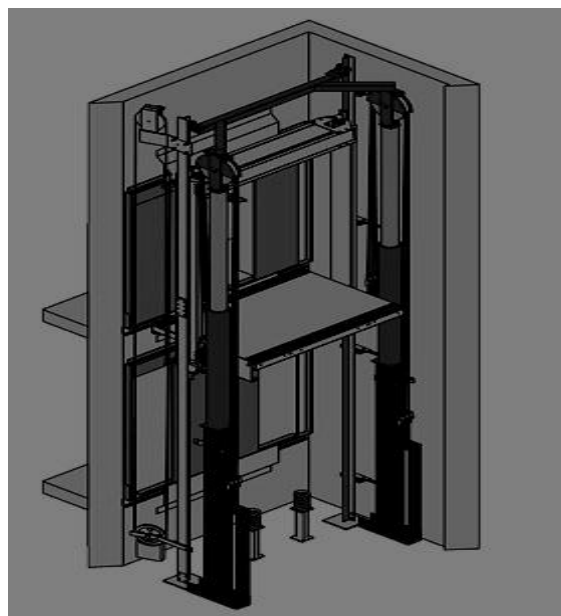
En este tipo de elevadores el accionamiento se consigue mediante una bomba que inyecta aceite a presión y la cual se encuentra acoplada a un motor eléctrico. Son sistemas de elevación que funcionan bajo el principio de Pascal para lograr el movimiento de elevación. El tipo de accionamiento se produce mediante el uso de un fluido de trabajo denominado *Fluido hidráulico*. (Ver Fig. 2).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 1.** Sistema electromecánico de elevación. Recuperado de <http://proyectotecnologicoelevadordecarga.blogspot.com.co/>

La Fig. 1 detalla los elementos básicos presentes en todo elevador electromecánico. M1 es el tipo de accionamiento utilizado para desplazar el elevador entre pisos, en este caso, es movido mediante un motor eléctrico. M2, es el motor eléctrico para la apertura o cierre de la puerta de la cabina. FCB, FC1, FC2 Y FC3 son los pulsadores para el ascenso o descenso en cada nivel. FC\_PA y FC\_PC son los pulsadores para apertura y cierre.



**Fig. 2.** Sistema hidráulico de elevación. Recuperado de <http://meielevatorsolutions.com/twin-jack-roped-hydraulic/>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 2.1.1.2 Según la actividad o función

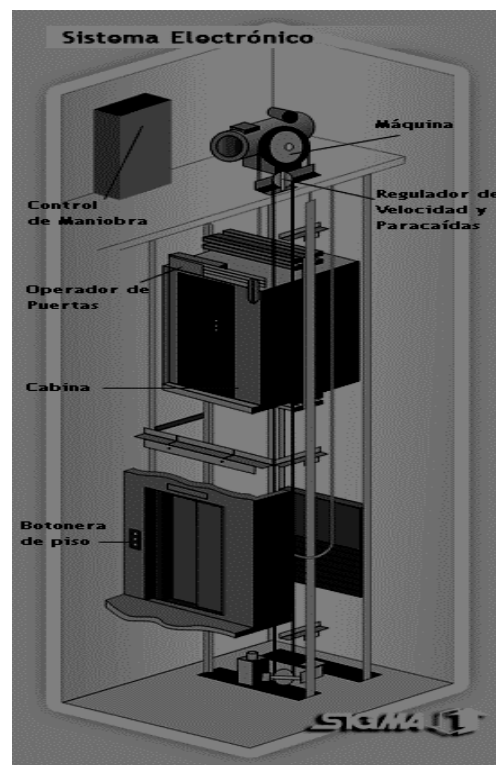
De acuerdo con la actividad o función del elevador, estos se clasifican en:

- **Transporte de carga**

Aplican para el transporte de cargas que se requieren movilizar entre uno o varios pisos, hacia arriba o hacia abajo. Este tipo de transporte lo integran todos los sistemas de elevación descritos anteriormente.

- **Transporte de personas**

A diferencia del tipo de transporte de carga, éstos emplean un mayor número de pisos y son destinados exclusivamente para transportar personas dentro de un edificio. Hoy en día, los elevadores que se utilizan para este servicio son electromecánicos y automatizados. (Ver Fig. 3)



**Fig. 3.** Sistema de elevación para transporte de personas. Recuperado de <http://www.arkigrafico.com/tipos-de-ascensores-para-las-edificaciones/>

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 2.1.2 Componentes de los elevadores electromecánicos

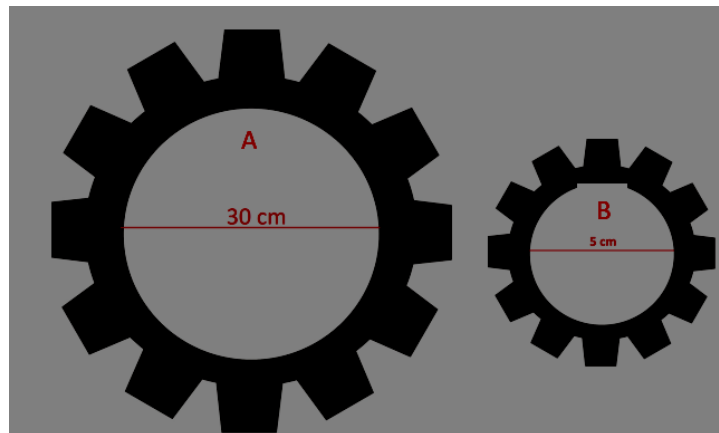
A continuación, se da una descripción de los principales componentes de un elevador de carga electromecánico.

- **Motorreductor**

Consiste en una máquina reductora que viene acoplada directamente a un motor. Su funcionamiento consiste básicamente en cambiar y combinar velocidades de giro en infinidad de aplicaciones como en un reloj de pulsera, en un automóvil, buques de carga, molinos de cemento, entre otras. (Ver Fig. 4).

Para entender el principio de funcionamiento de un reductor o motorreductor se plantea el siguiente ejemplo.

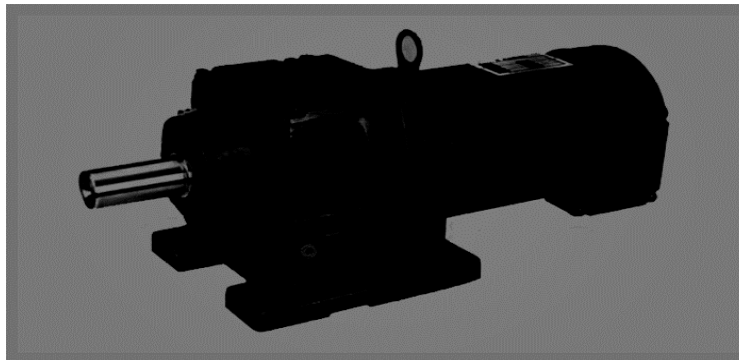
Considérese dos ruedas o engranajes A y B, cuyos diámetros son 30 y 5 cm respectivamente, tal como se muestra en la Fig. 4.



**Fig. 4.** Diámetros de engranajes de ejemplo para un reductor. Fuente: Autores.

Ahora, ambas ruedas son acopladas. Cuando gira la rueda *B* hará que gire la rueda *A* y de acuerdo con la *relación de reducción* de un reductor, es decir, el diámetro de *A* entre el diámetro de *B*,  $\left(\frac{D_A}{D_B}\right)$  se establece que, por cada 6 vueltas de *B*, *A* solamente dará 1. Este número 6 es la relación de reducción del motorreductor y se denomina como 6:1

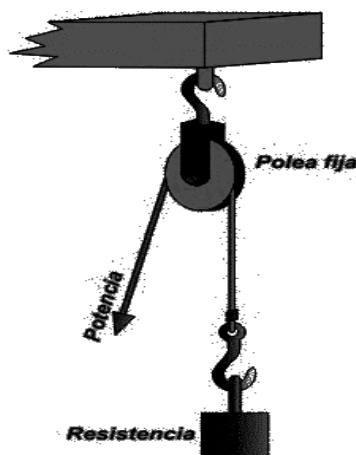
Para este ejemplo, se ha logrado reducir la velocidad de rotación de la rueda *A*, a una sexta parte de la velocidad de la rueda *B*. Si a las ruedas anteriores se acoplaran más engranajes, se lograrían velocidades cada vez más pequeñas, las necesarias de acuerdo con el tipo de aplicación que se requiera. En la Fig. 5 se observa un motorreductor típico.



**Fig. 5.** Motorreductor. Recuperado de <http://www.megachainperu.com/motorreductores-de-velocidad.php>

- **Polea**

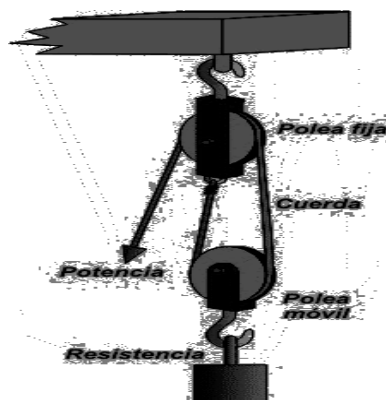
Hace parte de los elementos de transmisión de fuerza y consiste en un dispositivo mecánico de tracción, muy útil para transmitir fuerza. La polea está conformada por una rueda con un canal en su perímetro, por el que se acopla y pasa una cuerda que gira sobre un eje central. En la Fig. 6 puede observarse los dos extremos principales sobre los que actúa la polea, en uno la potencia, y en el otro la resistencia.



**Fig. 6.** Representación básica de una polea. Recuperado de [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope\\_polea.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope_polea.htm)

- **Polipasto**

También llamado aparejo. Es una estructura que contiene el arreglo de dos o más poleas y un cable o cadena; una de las poleas permanece fija y la otra es móvil. (Ver Fig. 7). Una máquina con este tipo de sistema permite mover cuerpos considerablemente pesados.

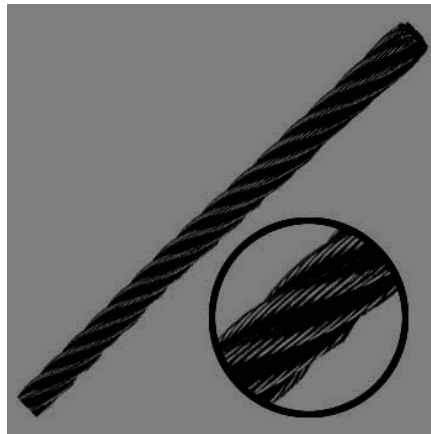


**Fig. 7.** Polipasto. Recuperado de [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec\\_polipasto.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_polipasto.htm)

- **Cable de acero**

Está constituido por un conjunto de alambres de acero o fibras de hierro que en forma helicoidal componen un cuerpo único. Entre más grueso sea el cable, es decir, mientras más enrollamientos y capas de alambres y fibras contenga, será más resistente frente al desgaste por fricción, sin embargo, son poco resistentes a la flexión. (Ver Fig. 8).

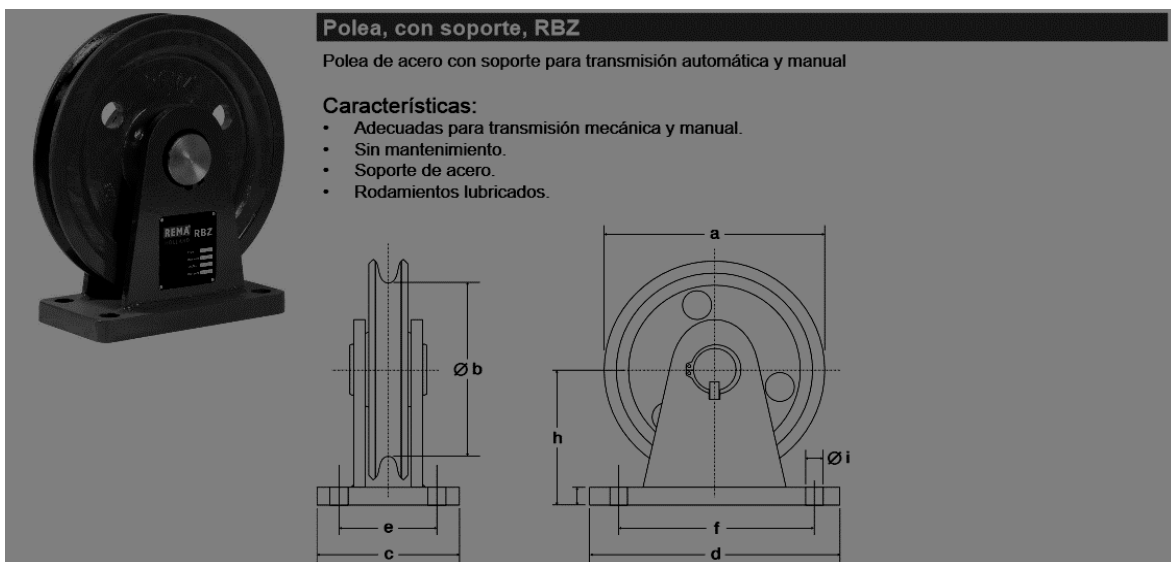
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 8.** Cable de acero enrollado helicoidalmente. Recuperado de <http://www.somos-reyes.com/mx/cable-de-acero-inoxidable/666-cable-de-acero-inoxidable-7x19-1-8-y-1005-m.html>

En este sentido, los cables utilizados para poleas deben contar con la suficiente resistencia al desgaste por rozamiento y ser lo suficientemente flexibles para enrollarse o desenrollarse en el carrete accionado por el motor eléctrico o motorreductor.

En la Fig. 9 y Tabla 1 se describen las características técnicas que se deben considerar en el momento de la selección del cable de acero en función del tipo de polea, en este caso, con soporte, la capacidad y peso de la carga, entre otras dimensiones.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Fig. 9.** Polea con soporte tipo RBZ. Recuperado de [http://www.rema.eu/upload/documents/Catalogus%20Spaans%20pdf/Cat%C3%A1logo\\_E\\_S\\_21.pdf](http://www.rema.eu/upload/documents/Catalogus%20Spaans%20pdf/Cat%C3%A1logo_E_S_21.pdf)

En la Fig. 9 se señalan diferentes vistas (isométrica, lateral y frontal) de una polea de acero con soporte para transmisión automática y manual.

Donde:

a: diámetro total de la polea

b: diámetro interior de la polea

c: ancho del soporte

d: largo del soporte

e: distancia entre centros del ancho del soporte (Para la fijación con pernos)

f: distancia entre centros del largo del soporte (Para la fijación con pernos)

h: distancia entre el centro de la polea y la base inferior del soporte

i: diámetro de los ojete para la fijación del soporte

**Tabla 1.** Características técnicas de la polea. Información tomada de: [www.rema.eu](http://www.rema.eu)

Modelo	Capacidad [Kg]	Diámetro Cable [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	G [mm]	H [mm]	I [mm]	Peso [Kg]	Código
RBZ-0.5	500	5_6	150	125	82	115	55	88	15	92	11.5	3.25	3064001
RBZ-1.0	1000	8_10	235	200	108	187	70	150	20	138	18	10.6	3064003
RBZ-2.0	2000	12_14	325	280	143	260	95	212	25	190	23	31	3064005
RBZ-3.0	3000	16_18	400	340	188	330	130	242	30	236	28	52	3064007
RBZ-5.0	5000	20_22	475	410	238	400	178	340	30	275	31	79	3064007



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la Tabla 1 se consideran diferentes dimensiones para la polea y diámetro del cable en función de la capacidad en Kg que deberá arrastrar.

### 2.1.3 Elevador por adherencia

Un elevador de carga por tracción de adherencia (ver Fig. 10), es un tipo de elevador electromecánico, el cual consiste en una cabina que se encuentra ensamblada mediante cables de acero a un contrapeso, los cuales son movidos por una polea motriz acoplada al grupo tractor. Este tipo de elevador es el más simple de entre todos los sistemas de elevación, debido a su facilidad de instalación independiente de la altura.

El elevador por adherencia requiere menos mantenimiento frente a su homólogo hidráulico. Su costo de instalación es mucho menor y el tipo de accionamiento es más simple, ya que precisa de un motor eléctrico para ponerse en marcha, el cual es accionado tanto en subida como en bajada, en cambio, el elevador hidráulico requiere, además del motor, una bomba para impulsar el fluido. Para el presente proyecto se ha seleccionado el elevador por adherencia como el más conveniente para el tipo de trabajo que se demanda en la compañía.

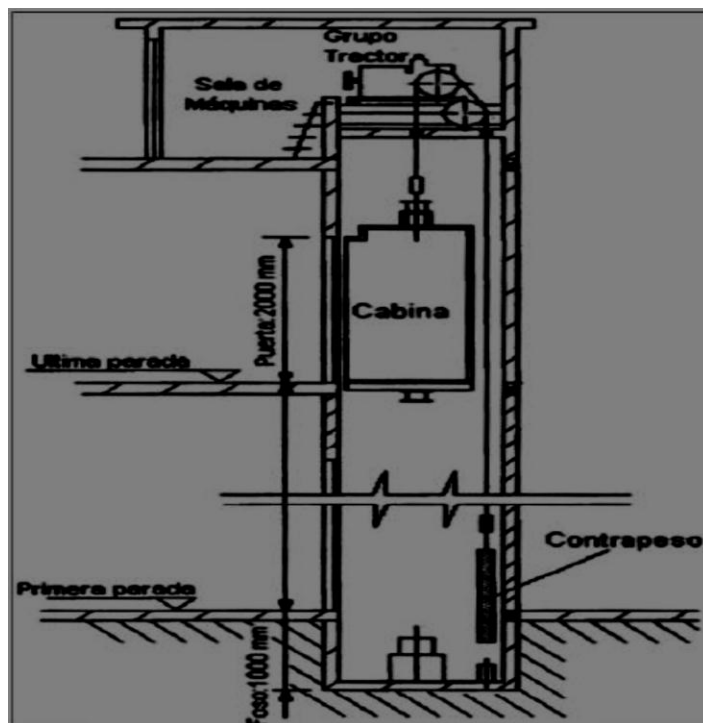


Fig. 10. Elevador por adherencia. (Granada, 2011)

En la Tabla 2 se describen las ventajas y desventajas más comunes que presenta este sistema de elevación.

Tabla 2. Ventajas y desventajas del elevador por adherencia. Fuente: Autores.

Ventajas	Desventajas
Instalación a muy bajo costo	Para poder ubicar el cuarto de máquinas o de poleas, es necesario ampliar la altura del edificio.
Mayores velocidades	Por su funcionamiento, muchas piezas están sometidas a desgaste.
Es muy confiable mecánicamente	El contrapeso ocupa espacio y reduce por tanto el área útil de la cabina.

#### 2.1.4 Fabricación

La estructura básica para la construcción del elevador es un tipo de acero clasificado como acero ASTM A36 HR y los perfiles considerados dependen de varios factores tales como la carga máxima, altura de trabajo, esfuerzos, entre otros. A continuación, se detallan las

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

características de este tipo de acero y se anexan algunas tablas (Tabla 3 a 10) con información técnica sobre su resistencia, características mecánicas, perfiles, etc.

- **Acero ASTM A36 HR**

Material que consiste en una aleación de acero al carbono y de uso general (comúnmente para diseñar y construir estructuras). De acuerdo con ferrocortes (ASTM A36 HR, sin fecha) su punto mínimo de cedencia, (punto donde se produce alargamiento sin un aumento de la carga) se estima en 36000 psi, sin embargo, su demanda es favorable. La denominación A36 ha sido establecida por la Sociedad Americana para pruebas y Materiales o ASTM por las siglas en inglés (American Society for Testing Materials). La Tabla 3 ofrece la composición química para este tipo de aleación.

**Tabla 3.** Composición química del Acero ASTM A36 HR. Información tomada de [aceroscarazo.com](http://aceroscarazo.com)

PRODUCTO	VIGAS"	PLACAS"					BARRAS			
		¾"	¾"- 1/2"	1/2"-2 1/2"	2 1/2"- 4"	Sobre4"	¾"	¾"- 1/2"	1/2"- 4	Sobre4"
ESPESOR(in)	Todas	Hasta 20mm	20mm a 40mm	40mm a 65mm	65mm a 100mm	Sobre 100	Hasta 20mm	20mm a 40mm	40mm a 100mm	Sobre 100
(mm)		-	-	0.80- 1.20	0.80- 1.20	0.85- 1.20	-	0.60- 0.90	0.60- 0.90	0.60- 0.90
%Mn-máx	-	-	-	0.80- 1.20	0.80- 1.20	0.85- 1.20	-	0.60- 0.90	0.60- 0.90	0.60- 0.90
%C-máx	0,26	0,25	0,25	0,26	0,27	0,29	0,26	0,27	0,28	0,29
%P-máx	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
%S	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
%Si	0,40max	0,40max	0,40max	0,40max	0,40max	0,40max	0,40max	0,40max	0,40max	0,40max
%Cu-min	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

La composición química del acero definida en la Tabla 3 se puede especificar de la siguiente manera:

Mn: manganeso; C: Carbono; Si: Silicio; P: Fósforo y S: Azufre.

- **Soldabilidad**

Según Garrido (Garrido, 2009), la soldabilidad de los aceros es uno de los aspectos más importantes a considerar, ya que debe mantenerse las propiedades del metal después del calentamiento que aporta el proceso de soldadura, sin embargo, puede existir alguna

pérdida de estas propiedades debido fundamentalmente a cambios micro estructurales y a la aparición de estructuras de no equilibrio, consecuencia del calentamiento y enfriamiento rápido desde la temperatura de fusión.

Según la norma ASTM A36/A36M-8, son dos los aspectos principales que se toman en cuenta para la soldadura del acero: -la utilidad o servicio y el grado de acero. El acero A36 no presenta mayores inconvenientes para este propósito. En la Tabla 4 se especifican las propiedades mecánicas existentes para el acero ASTM.

**Tabla 4.** Propiedades mecánicas. Información tomada de [aceroscarazo.com](http://aceroscarazo.com)

	MATERIAL	DESCRIPCION
Requerimiento a tensión”		
Laminas, vigas” y barrera	Ksi	“Ver orientación del espécimen bajo la prueba a tensión según especificación A6, para la gama formas de brida sobre 426lbft (634kg/m), el 80 KSI (550Mpa) resistencia a la tensión máxima no se aplica una elongación mínimo en 2in (50mm) de 19% se aplica.
Esfuerzo ultimo	50-80 (400-550)	Punto de fluencia 32KSI (220MPa) para la placa más de 8in (200mm) de espesor. Alargamiento de que no es obligatorio determinante para placa de piso. Las placas de más de 24 en (600mm).
Esfuerzo de fluencia	36 (250)	
Laminas y barras-----		
Elongación en 8in(200mm)Min,%	20	
Elongación en 8in(50mm)Min,%	23	
Dureza	HB: Dureza Brinell	

A partir de las Tablas 5 a 10 se ofrecen otros detalles técnicos del acero ASTM que fueron útiles para el diseño del elevador, el cual se mostrará en detalle en el capítulo 4.

**Tabla 5.** Perfiles de aceros. Información tomada de [www.ferrosvel.com](http://www.ferrosvel.com)

	MATERIAL	DESCRIPCION
Columnas	Acero ASTM A36 HR	Perfil IPE 100
Cabina	Acero ASTM A36 HR	Perfil IPE 100
Soporte de cabina	Acero ASTM A36 HR	Perfil IPE 120
Contra peso	Acero ASTM A36 HR	

**Tabla 6.** Perfil IPE 100. Información tomada de [www.ferrosvel.com](http://www.ferrosvel.com)

<b>Geometría</b>						
Altura		Ala		Distancia		
h	tw	b	tf	r	c	d
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
100	4,10	55,00	5,70	7,00	88,60	74,60
AREA			PESO			
cm2			Kg/m			
10,30			8,09			
<b>Propiedades elásticas</b>						
Eje X-X			Eje Y-Y			
lx	Sx	rx	ly	Sy	ry	
Cm4	Cm3	Cm	Cm4	Cm3	Cm	
171,00	34,20	4,07	16,00	5,82	1,25	
Módulo				Inercia		
Plástico				Torsional		
Zx		Zy		J		
Cm3		Cm3		Cm4		
39,00		9,00		1,20		

**Tabla 7.** Perfil IPE 120. Información tomada de [www.ferrosvel.com](http://www.ferrosvel.com)

<b>Geometría</b>						
Altura		Ala		Distancia		
h	tw	b	tf	r	c	d
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
120	4,40	64,00	6,30	7,00	107,40	93,40
Área			Peso			
Cm2			Kg/m			
13,20			10,36			
<b>Propiedades elásticas</b>						
Eje X-X			Eje Y-Y			
lx	Sx	rx	ly	Sy	ry	
Cm4	Cm3	Cm	Cm4	Cm3	Cm	
318,00	53,00	4,91	28,00	8,75	1,46	
Modulo				Inercia		
Plástico				Torsional		
Zx		Zy		J		
Cm3		Cm3		Cm4		
61,00		14,00		1,70		

**Tabla 8.** Característica del elevador de carga, información tomada de [www.ferrosvel.com](http://www.ferrosvel.com)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Cabina	Fabricación con tubería estructural (material de gran desempeño mecánico a la tracción y al impacto), y unido por medio de soldadura de alta calidad. Plataforma rectangular piso en lámina lisa de 2 mm, cerramiento en malla expandida XR, calibre 22, Vena 6 mm.
Panel de control	Controlador lógico programable, supresor de picos de corriente, banco de resistencias, botoneras de mando.
Grupo tractor	Motor reductor eléctrico, tambor ranurado.

**Tabla 9.** Superficie máxima de la cabina para elevador de carga, información tomada de (<http://www.eninter.com/blog/medidas-ascensor/>)

Carga nominal (masa)(kg)	Superficie útil máxima de cabina (m2)	Carga nominal (masa)(kg)	Superficie útil máxima de cabina (m2)
100	0.37	900	2.20
180	0.58	975	2.35
225	0.70	1.000	2.40
300	0.90	1.050	2.50
375	1.10	1.125	2.65
400	1.17	1.200	2.80
450	1.30	1.250	2.90
525	1.45	1.275	2.95
600	1.60	1.350	3.10
630	1.66	1.425	3.25
675	1.75	1.500	3.40
750	1.90	1.600	3.56
800	2.00	2.000	4.20
825	2.05	2.500	5.00

**Tabla 10.** Guayas o cables de aceros para elevadores de carga, información tomada de (<http://www.agcontinental.com/index.php/productos/cables-de-acero/para-ascensor>)

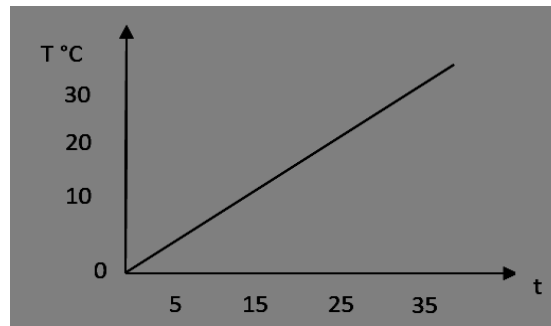
Diámetro Normal		Carga de Rotura(T.M.)		Peso Aprox. (kg/m)	
		IPS			
Pul.	mm.	FC	IWRC	FC	IWRC
3/16	4,76	1,2	-	0,082	-
1/4	6,35	2,13	-	0,146	-
5/16	7,94	3,31	3,63	0,223	0,268
3/8	9,52	4,75	5,22	0,328	0,387
7/16	11,11	6,43	7,07	0,447	0,536
1/2	12,7	8,37	9,16	0,581	0,7
9/16	14,29	10,52	11,61	0,745	0,895
5/8	15,87	12,97	14,24	0,909	1,088
3/4	19,05	18,19	20,41	1,311	1,58
7/8	22,22	25,12	27,66	1,789	2,146
1	25,4	32,65	35,92	2,34	2,803
1-1/8	28,59	41,09	45,17	2,966	3,563
1-1/4	31,75	50,53	55,61	3,652	4,383
1-3/8	34,92	60,87	66,95	4,427	5,308
1-1/2	38,1	72,03	79,19	5,262	6,321

## 2.2 Control Automático

El control automático es una rama importante de la ingeniería enfocado en realizar tareas de automatización, sea mediante autómatas programables o sistemas más convencionales como la lógica cableada (relés, contactores, temporizadores, contadores, etc.). Las señales involucradas dentro de un sistema de automatización pueden ser de dos tipos:

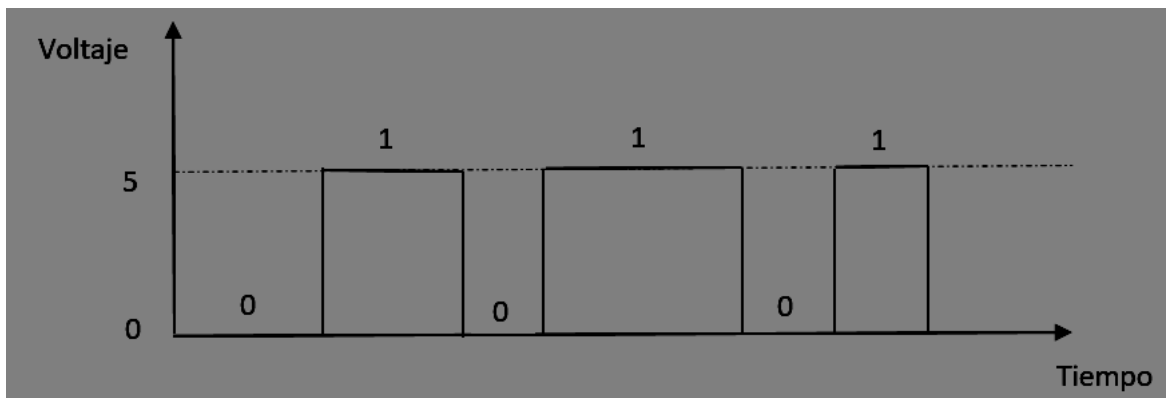
- Digitales
- Analógicas

Las señales análogas presentan un comportamiento continuo en el tiempo, como se muestra en la Fig. 11. Este tipo de señales se presentan en variables como la temperatura, la presión, la velocidad, etc.



**Fig. 11.** Señal analógica para la temperatura. Fuente: Autores.

Las señales digitales presentan un comportamiento discreto, es decir, solo pueden tomar uno de dos estados: verdadero o falso, sí o no, encendido o apagado, (ver Fig. 12). Este tipo de señales reciben el nombre de lógica binaria y fue ampliamente desarrollada por George Boole (1815-1864) quien inventó el álgebra de Boole, la base de todo el fundamento de la aritmética computacional.



**Fig. 12.** Señal digital para el voltaje. Fuente: Autores.

En la Fig. 12 se puede apreciar el caso de una señal digital de voltaje de 0 a 5 Volts. 1 para 5V y 0 para 0V.

La aplicación del control automático es amplia y su contribución se puede destacar en las siguientes áreas:

- Ingeniería mecánica



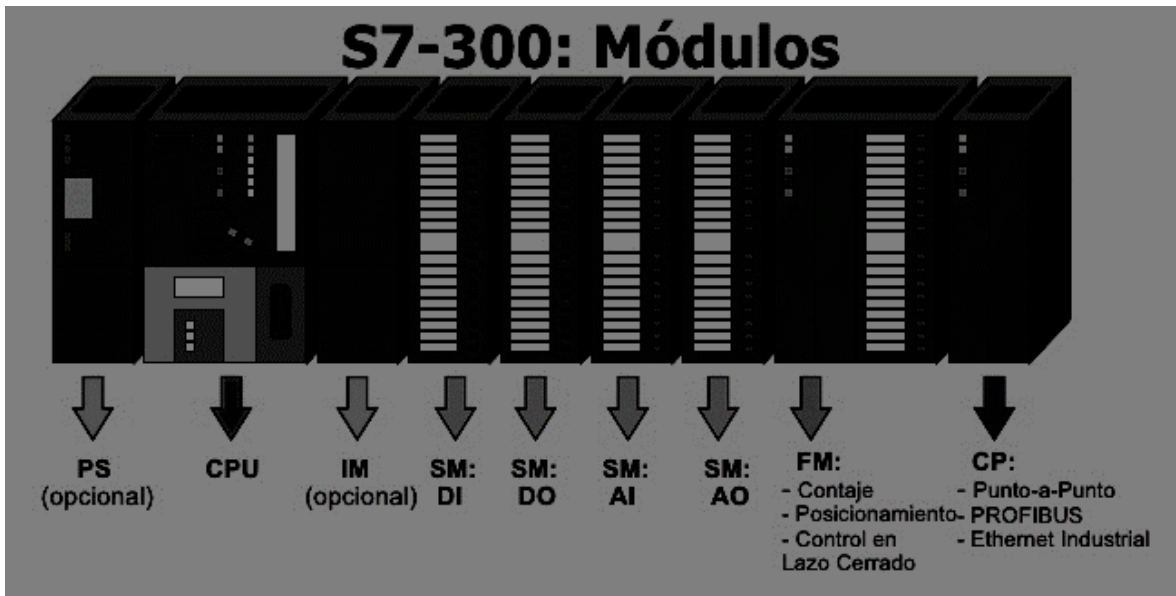
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Robótica
- Industria eléctrica y electrónica
- Domótica
- Automovilismo
- Mecatrónica
- Aeronáutica
- Industria química
- Medicina

### 2.2.1 PLC

Un controlador lógico programable o PLC por sus siglas en inglés *Programmable Logic Controller*, es un dispositivo electrónico de control, cuya lógica se puede programar desde un computador utilizando un software propio del fabricante, o incluso, algunos PLC compactos permiten la programación directa desde una interface ubicada en su parte frontal. (Vásquez, 2010).

El PLC es un dispositivo que puede formar parte de los elementos de control de un proceso (Ver Fig. 13). Su facilidad de ser programado constituye una de las ventajas más importantes frente al tradicional control cableado. Como explica (Vásquez, 2010), el control cableado generalmente requiere de cambio de equipos, desconexiones y nuevas conexiones para ser adaptado a los cambios en los procesos, pero el control lógico requiere únicamente de cambios en la programación y muchas menos configuraciones.



**Fig. 13.** Partes de un PLC. Recuperado de <https://es.slideshare.net/poolin/plc-5098533>

La Fig. 13 corresponde a un PLC de la marca SIEMENS serie S7-300. A continuación, se detallan los componentes más importantes:

CPU: Unidad central de procesamiento encargada de almacenar y ejecutar las decisiones en base a la aplicación programada.

DI: Módulo de entradas digitales.

DO: Módulo de salidas digitales.

AI: Módulo de entradas analógicas.

AO: Módulo de salidas analógicas.

CP: Módulo para redes de comunicación industrial (PROFIBUS, Industrial Ethernet)

### 2.2.2 Variador de frecuencia

Los variadores de frecuencia son sistemas utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna, mediante el control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Estos equipos permiten controlar la velocidad de motores asíncronos (jaula de ardilla) y síncronos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Dado un motor síncrono, la velocidad se determina como:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (1)$$

Y para un motor de inducción o asíncrono, la velocidad se determina mediante la expresión:

$$N_m = \frac{120 \cdot f(1-s)}{P} \quad (2)$$

donde:

$N_s$ : velocidad síncrona en rpm

$N_m$ : velocidad mecánica en rpm

$f$ : frecuencia de alimentación

$s$ : deslizamiento

$P$ : número de polos

de las ecuaciones (1) y (2), la frecuencia y la velocidad son directamente proporcionales. En la Fig. 14 se observa un variador de frecuencia típico marca SIEMENS.



**Fig. 14.** Variador de frecuencia MICROMASTER 420 de Siemens. Recuperado de <http://www.energiacontrolada.com/inversores.php>

## 2.3 Diseño

El diseño es quizá la práctica más importante de todo profesional de ingeniería, y como tal representa el primer paso dentro del desarrollo de un proyecto. De acuerdo con Budynas y Nisbett (Budynas y Nisbett, 2008), diseñar es establecer un plan para resolver un problema. Si este plan termina en la creación de algo físicamente real, entonces el dispositivo, producto o mecanismo debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse.

Los pasos que se siguieron en el presente trabajo para realizar el diseño del elevador de carga fueron:

- Identificación de una necesidad
- Definición del problema
- Síntesis
- Análisis y optimización
- Evaluación
- Presentación

La *identificación de una necesidad* surge cuando se detecta que algo no está bien, sea porque el sistema o mecanismo está fallando en su funcionamiento o porque éste está generando más gastos de lo esperado.

La *definición del problema* según Budynas y Nisbett (Budynas y Nisbett, 2008), es más determinante que la identificación de la necesidad y debe incluir todas las especificaciones del objeto que va a diseñarse. Las especificaciones son las cantidades de entrada y salida, las características y dimensiones del espacio que el objeto debe ocupar y todas las limitaciones sobre estas cantidades.

La *síntesis* se define como la invención del concepto o diseño del concepto. Es una de las fases más importantes dentro del proceso de diseño. En esta, varios modelos deben

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

investigarse y cuantificarse. Una vez identificados los modelos que mejor se adapten, se procede a analizar y evaluar el desempeño del sistema.

### 2.3.1 **Cajas negra y transparente**

Consisten en métodos de diseño ideado por Christopher Jones, diseñador e ingeniero inglés. La caja negra es una representación global del funcionamiento de un sistema mediante unas variables generales de entrada y salida que indican o señalan cómo se comporta el producto. Mientras la caja transparente es una aproximación más detallada del funcionamiento de ese sistema, generalmente, hace especial énfasis en los procesos interiores que describen con más exactitud la operación del producto final.

### 2.3.2 **Software de diseño asistido por computadora (CAD)**

El diseño asistido por computadora o CAD por las siglas de su nombre en inglés (Computer-Aided Design), es una herramienta informática de dibujo y modelación de objetos en 2D y 3D. La herramienta de dibujo en 2D permite realizar modelos en el plano con entidades geométricas vectoriales como líneas, puntos, arcos y polígonos, mientras que con la opción en 3D se pueden añadir superficies y sólidos.

Actualmente existen muchos desarrolladores de software de diseño asistido por computadora, entre los que se pueden destacar programas como Autodesk, AutoCAD, MicroStation, SolidEdge, Creo Parametric, SolidWorks, entre otros.

### 2.3.3 **PTC Creo Parametric**

Creo Parametric es un software de diseño asistido por computadora desarrollado por la compañía PTC y que desde 1985 ha ofrecido un servicio a clientes de primera categoría. De acuerdo con la página oficial de PTC en español, el software ofrece acceso a una experiencia de diseño de productos más avanzada y eficaz, respaldada por sus recursos globales y décadas de experiencia. Las prestaciones de este software incluyen:

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Modelado de sólidos 3D
- Modelado de conjuntos eficaz
- Documentación detallada, incluidos planos 2D y 3D
- Diseño de superficies técnicas
- Diseño de superficies de estilo libre
- Modelado de chapa
- Modelado de soldadura y diseño estructural
- Funciones de análisis
- Experiencia gráfica y animación integrada del diseño
- Diseño para fabricación por adición de capas (impresión 3D)
- Intercambio de datos
- Trabajo con datos importados ajenos a PTC Creo
- Biblioteca de piezas, funciones, herramientas y mucho más
- Personalización de software

#### 2.3.4 **SolidWorks**

Como Creo, hace parte igualmente de los programas de diseño asistido por computadora (CAD). A diferencia de Creo PTC, SolidWorks trae un potente sistema de simulación, en la que es posible evaluar el comportamiento de cualquier tipo de sistema, midiendo por ejemplo sus reacciones frente a la temperatura, análisis estáticos como cargas, presión, torsión, y otros análisis físicos como reacciones frente a la gravedad, etc.

El ITM dispone de los derechos de licencia de PTC y por esta razón se ha seleccionado este software de diseño para la modelación estructural del elevador. Por otra parte, dado su potente motor para simular fenómenos físicos, se ha utilizado SolidWorks para evaluar la capacidad de la estructura de la plataforma de la cabina del elevador, con el fin de garantizar un factor de diseño adecuado para el sistema.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2.4 Análisis Estructural

En el diseño e instalación de este tipo de estructuras, es necesario realizar una evaluación que permita conocer con anterioridad cuáles van a ser los efectos producidos cuando se somete a una determinada carga.

### 2.4.1 Tensión de Von Mises

Es una magnitud física que determina la energía de distorsión de un material, y es un factor importante en el diseño para determinar cuándo un material dúctil puede fallar.

### 2.4.2 Factor de Seguridad

En diseño de materiales, el factor de seguridad FDS es determinante para conocer si el diseño es adecuado y seguro. El factor se calcula a partir de la capacidad que tiene un material de resistir una carga y de la carga real al que será sometido.

$$FDS = \frac{\text{cargareal}}{\text{cargarequerida}} \quad (3)$$

Con esto, se finaliza la descripción teórica de cada uno de los conceptos, elementos, lineamientos de fabricación y demás herramientas necesarias para el diseño del elevador por adherencia en la Compañía Industrias Estra de Medellín.

## 3 CONTROL AUTOMÁTICO DEL ELEVADOR DE CARGA

---

La presente sección desarrolla todo el sistema de automatización del elevador. En primer lugar, se describen cada uno de los equipos y dispositivos que forman parte del equipo de automatización. A continuación, se explica el funcionamiento del elevador de carga a partir de las variables de entrada y salida. Posteriormente, el capítulo expone el algoritmo de programación desarrollado en el software del fabricante del PLC escogido para la aplicación, XCP-Pro y más adelante los planos eléctricos realizados en Automation Studio. Este capítulo finaliza con la configuración y parametrización del variador de frecuencia.

### 3.1 Componentes de Automatización

Se describen los principales equipos y elementos que integran el sistema de automatización del elevador, como tipo de PLC, variador de frecuencia, fuentes de alimentación, contactores, relés, etc.

#### 3.1.1 PLC Xinje

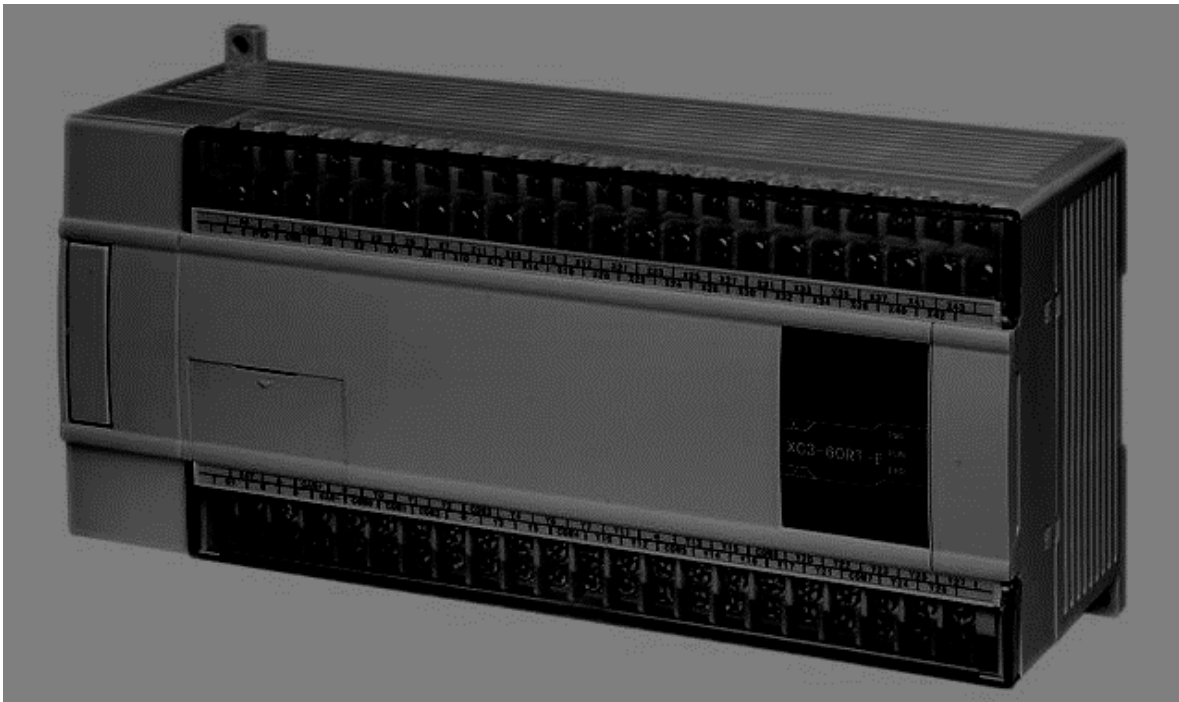
Controlador Lógico Programable desarrollado por la compañía Xinje Electronic Co., Ltd. en China. Existen diferentes gamas clasificadas según la serie XC (XC series programmable Controller). Las gamas de PLC XC se dividen por tanto en las siguientes sub-series:



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **XC1 Tipo económico:** Esta sub-serie cuenta con 16 I/O, 24 I/O y 32 I/O (módulos de entradas y salidas). La función es simple, adecuada para aplicaciones comunes a pequeña escala.
- **XC3 Tipo estándar:** Esta subserie pertenece a los modelos standard de las series de PLC XC. Pueden satisfacer la mayoría de los requisitos de uso.
- **XC5 Tipo resistencia o fuerza:** Esta subserie cuenta con 32 I/O, 48 I/O y 60 I/O. XC5-32 tiene función de 4 canales de salida de pulso, XC5-48, XC5-60 apoyan funciones de Bus CAN (Protocolo de comunicación, del inglés Controller Area Network).

De la sub series descritas anteriormente se ha seleccionado la XC3 (Ver Fig. 15). Una gama de PLC que cumple satisfactoriamente con todos los requerimientos para la automatización del elevador.



**Fig. 15.** PLC Xinje XC3. Recuperado de: [https://es.aliexpress.com/price/plc-xinje\\_price.html](https://es.aliexpress.com/price/plc-xinje_price.html)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.1.1.1 Resumen del PLC de la serie XC y del formato del programa

#### Introducción

- I/O 14-60 puntos
- Memoria interna Flash ROM
- Reloj en tiempo real: Con reloj interno.
- Los puertos Multi-COM pueden conectarse con inversores, instrumentos, impresoras, etc.
- Instrucciones enriquecidas, convenientes para programar.

#### Formato del programa

La serie de PLC XC cuenta con dos tipos diferentes de programación:

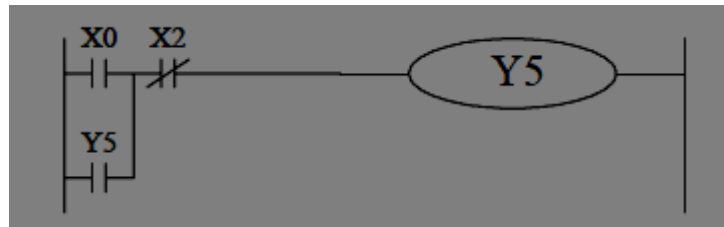
- **Programa de declaraciones**

El programa de instrucciones es el formato que utiliza “LD”, “AND”, “OUT”, etc. Estas instrucciones de SFC (Sequential Function Chart) para introducir este formato son el formulario de entrada básico para compilar el programa SFC. Para el presente proyecto no aplica este tipo de programación.

- **Ladder (Escalera)**

Se utiliza la señal de control secuencial y la ID de la unidad blanda para dibujar el gráfico del circuito secuencial en la pantalla, que se denomina como programa de escalera (Ver Fig. 16) Dado que este método utiliza símbolos de puntos de activación y bobina (Símbolos para activar el circuito de control secuencial), por lo que es fácil comprender el contenido del programa. En la automatización del elevador se ha seleccionado este tipo de lenguaje de programación, al ser más intuitivo y el más conocido.

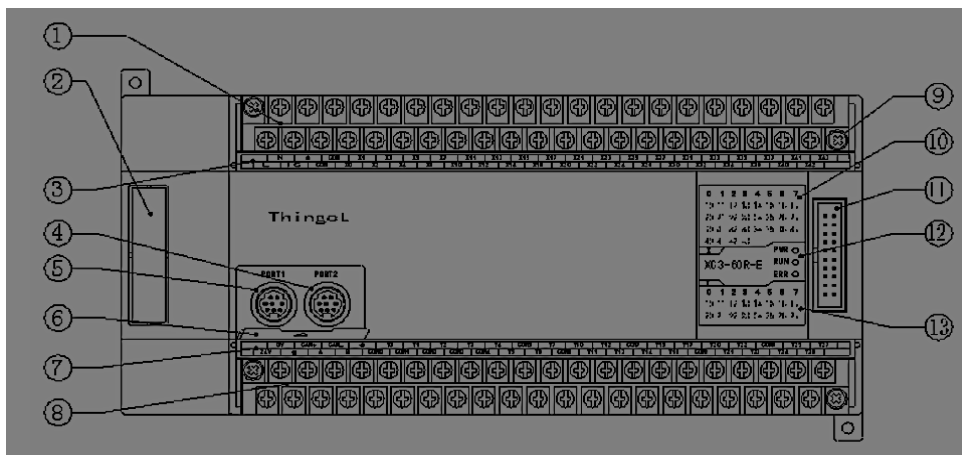
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 16.** Línea de código en Ladder. Recuperado de: User's Manual XC Series Programmable Controller.

### 3.1.1.2 Disposición de terminales

En la Fig. 17 se dispone del diagrama de un PLC de la serie XC3. A continuación se describen cada una de las disposiciones de sus terminales.



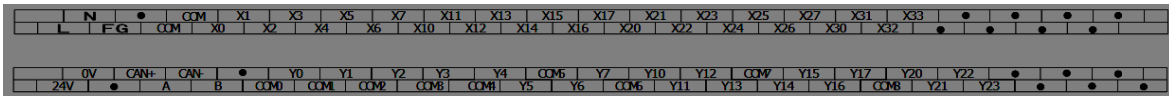
**Fig. 17.** Disposición de terminales en PLC XC3. Recuperado de: User's Manual XC Series Programmable Controller.

1. Terminales de entrada
2. Expansión BD (Base de datos)
3. Etiqueta de entrada
4. Puerto COM
5. Puerto COM
6. Puerta de la tapa del puerto COM

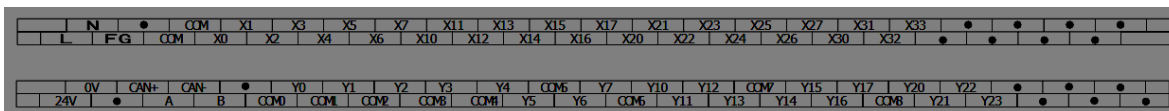
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

7. Etiqueta de salida
8. Terminales de salida
9. Empulgueras
10. LED indicador de entrada
11. Puerto de extensión
12. LED indicador del estado de programación
13. LED indicador de salida

Las etiquetas de entrada y salida ayudan a identificar los pines de conexión de acuerdo con el tipo de señal requerida. En las Figs. 18 y 19 se puede observar cómo vienen distribuidas en los PLC de las sub series XC3 y XC5 para módulos de 36 Entradas/24 Salidas y 28 Entradas/20 Salidas respectivamente.



**Fig. 18.** Identificación de entradas y salidas para XC3 y XC5. Recuperado de: User's Manual XC Series Programmable Controller.



**Fig. 19.** Identificación de entradas y salidas para XC3 y XC5. Recuperado de: User's Manual XC Series Programmable Controller.

### 3.1.1.3 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación para el PLC Xinje XC3 corresponde a la marca EBCHQ (Ver Fig. 20). En la Tabla 11 se especifican sus datos técnicos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Tabla 11.** Especificaciones EBCHQ. Fuente: Autores.

Marca	EBCHQ
Código	186636
Referencia	43023
Salida	24 VDC, 50 W
Entrada	90 264 VAC
Corriente	2.01 A
Montaje	Riel DIN omega



**Fig. 20.** Fuente de alimentación para el PLC. Recuperado de:

<http://www.viaindustrial.com/productos.asp?nombre=Fuentes%20de%20alimentacion%20switcheadas%2024%20VDC>

### 3.1.2 Variador de Frecuencia LS

Los variadores de frecuencia LS son equipos desarrollados por la compañía LS Industrial Systems Co., Ltd. en Corea.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para el presente proyecto se ha seleccionado el variador de frecuencia de la serie SV-iG5A (Ver Fig. 21). En la sección 3.3 (Configuración del variador de frecuencia LS) se detalla el modo de selección del equipo.



**Fig. 21.** Variadores de Frecuencia serie SV-iG5A. Recuperado de:  
<http://www.vmc.es/es/convertidor-de-frecuencia-ig5a>

En las Figs. 22 y 23 se describen la apariencia isométrica e interior del variador.

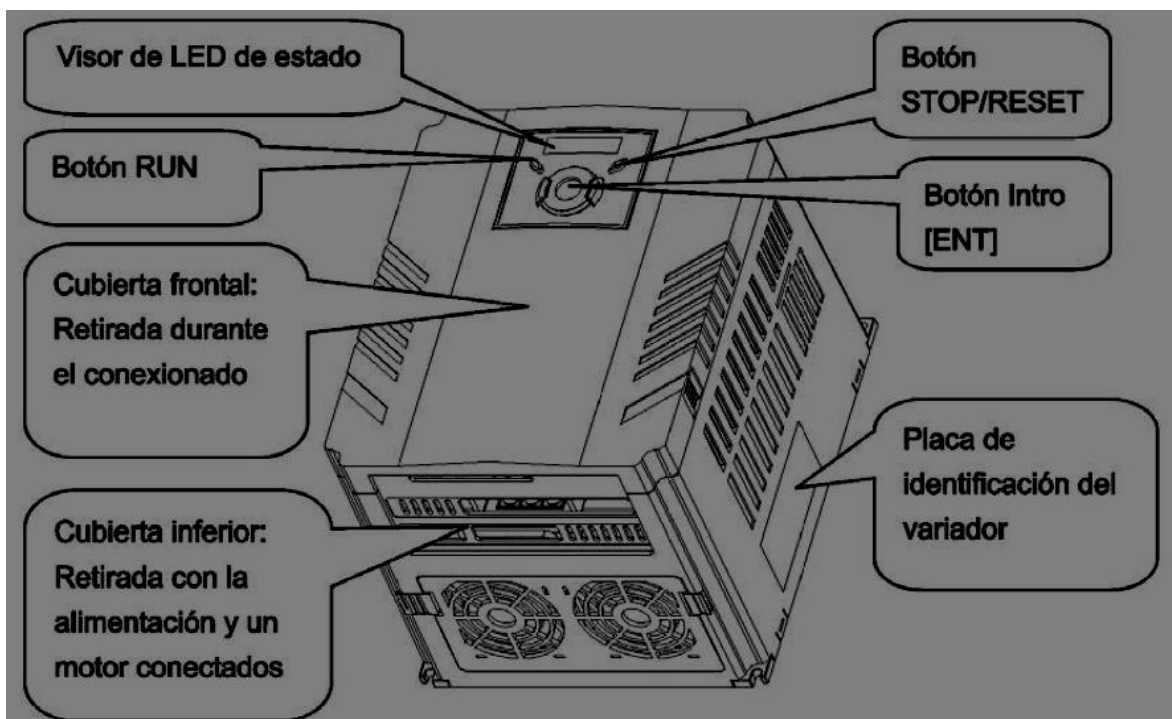


Fig. 22. Vista isométrica del Variador de Frecuencia serie SV-iG5A. Recuperado de: Manual del usuario SV-iG5A

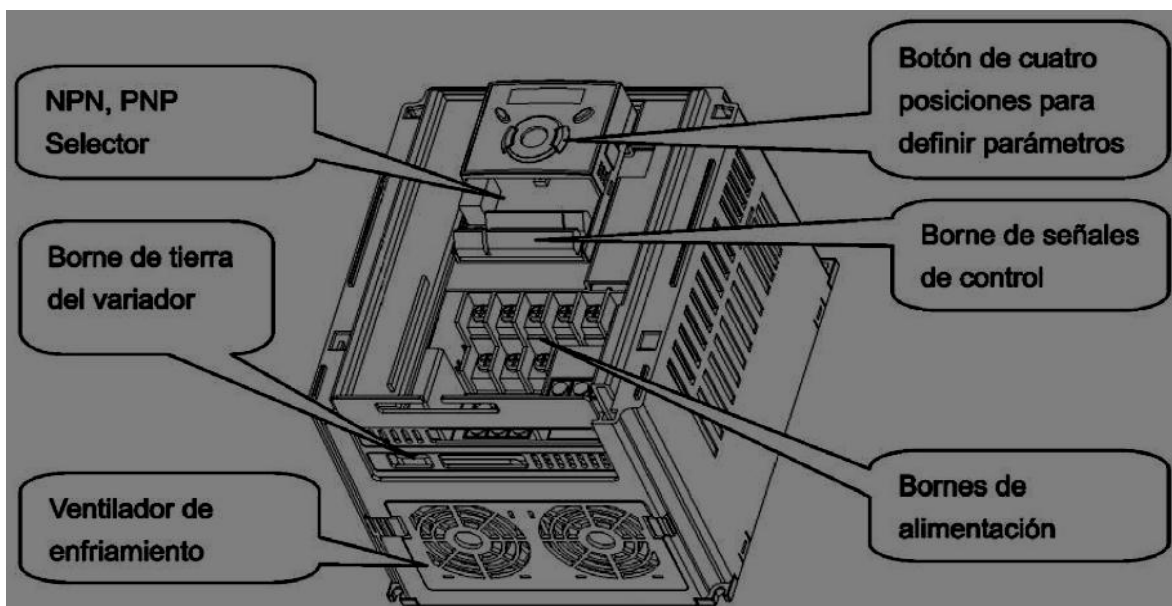
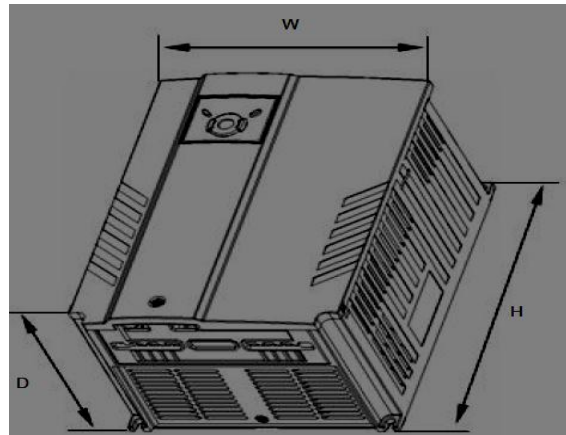
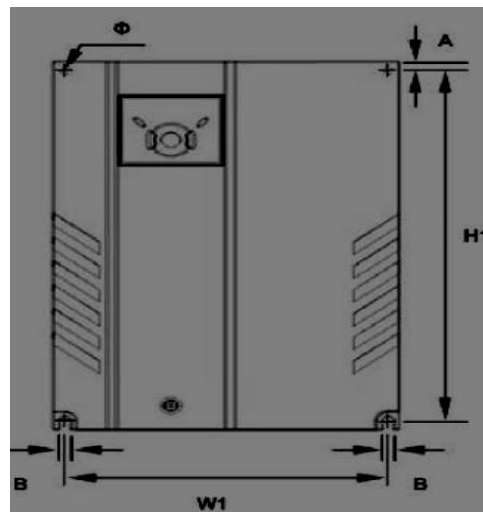


Fig. 23. Vista interior del Variador de Frecuencia serie SV-iG5A. Recuperado de: Manual del usuario SV-iG5A

El modelo de variador seleccionado corresponde al SV150iG5A-4. Las Figs. 24 y 25 muestran las vistas isométricas y frontales de los modelos: SV110iG5A-2 /SV150iG5A-2 y SV110iG5A-4 / SV150iG5A-4.



**Fig. 24.** Vista Isométrica del Variador seleccionado LS. Recuperado de: Manual del usuario SV-iG5A



**Fig. 25.** Vista Frontal del Variador seleccionado LS. Recuperado de: Manual del usuario SV-iG5A



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Los modelos descritos anteriormente poseen las mismas características de construcción y forma, solo varían en la potencia de trabajo. La Tabla 12 describe los valores de potencia de cada modelo de variador y sus dimensiones.

**Tabla 12.** Dimensiones. Información tomada de Manual de usuario SV-iG5A

Modelo	[kW I	W(mm)	W1(mm)	H(mm)	H1(mm)	D(mm)	∅	A(mm)	B(mm)	[kg]
SV110iG5A-2	11,0	235	219	320	304	189,5	7,0	8,0	7,0	9,0
SV150iG5A-2	15,0	235	219	320	304	189,5	7,0	8,0	7,0	9,0
SV110iG5A-4	11,0	235	219	320	304	189,5	7,0	8,0	7,0	9,0
SV150iG5A-4	15,0	235	219	320	304	189,5	7,0	8,0	7,0	9,0

### 3.1.3 **Motoreductor SIEMENS**

SIEMENS ofrece diferentes prestaciones dentro del campo de los motoredutores según las necesidades del usuario. En este apartado solo se describe el tipo de motor y algunas de sus características. En la sección 4 (Diseño del Elevador de carga) se detallará con más profundidad las condiciones de operación y selección del motorreductor para el elevador.

El reductor seleccionado para esta aplicación corresponde al tipo Sinfín-Corona (Ver Fig. 26). Para este diseño se consideró en principio una potencia teórica del motor. Esta potencia teórica no influye en la configuración final del variador de frecuencia seleccionado, pero sí en su tamaño. En la sesión 3.3 se explica con más precisión la potencia teórica seleccionada, y en el capítulo 4 se detalla finalmente según los cálculos de carga, cuál fue la potencia real del motor.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 26.** Motorreductor Sinfín-Corona. Recuperado de: Motorreductores MOTOX, Catálogo D 87.1 2008

### 3.1.3.1 Características estructurales

#### **Materiales:**

- Los reductores sinfín-corona están fabricados con acero tratado.
- Las carcasas se fabrican en una fundición de aluminio.
- Las coronas son de aleación de bronce.

#### **Diseño:**

- El diseño del motorreductor se realiza mediante programas de modelación tridimensional CAD, además permite realizar simulaciones de la capacidad en cuanto a la disipación térmica y de su resistencia estructural.
- El modelo final facilita una eficiente disipación del calor.
- Se mecanizan las superficies de apoyo para garantizar un perfecto montaje.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.1.3.2 **Contactor motor**

A continuación, se presentan los parámetros técnicos del contactor marca Noark (Ver Fig. 27)

Tensión de control: 230 V

Corriente nominal: 40 A

Número de polos: 3

Contactos: 1 ON. + 1 OFF

Dimensiones: 123 x 76 x 122 mm

El contactor ha sido seleccionado en función de las siguientes características del motorreductor:

- Tensión y potencia nominales
- Tipo de arranque del motor
- Número aproximado de conexiones/hora
- Condiciones de trabajo: normal, duro o extremo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 27.** Contactor Noark. Recuperado de: <http://www.emat.cz/noark-ex9c40-11-3p-230v-motorovy-stykac-40a-101248>

## 3.2 Programación

En esta sección se detalla paso a paso todo el proceso de la automatización del elevador de carga. Inicia con la declaración de variables de entradas y salidas y sus correspondientes etiquetas para la identificación del pin de conexión en el PLC. Antes de presentar el código en Ladder, se introduce en forma detallada el funcionamiento del sistema a partir de cada una de las variables.

### 3.2.1 Funcionamiento

Todas las señales (entradas y salidas) involucradas en el sistema de automatización del elevador son de tipo digital.

Esta sección ofrece una visión general del funcionamiento del elevador de carga.

### 3.2.1.1 Variables de entrada

Las señales de entrada se encuentran clasificadas en pulsadores, sensores y microswitches. En la Tabla 13 se aprecian cada una de las variables de entrada de acuerdo con su tipo y la etiqueta que le corresponde en la conexión al PLC.

**Tabla 13.** Señales de entrada para el PLC Xinje XC3. Fuente: Autores.

Entradas		
Tipo	Etiqueta	Nombre
PE	X0	Paro de Emergencia
P0	X1	Bloquear Puertas
P1	X5	Pulsador Piso 1
P2	X4	Pulsador Piso 2
P3	X6	Pulsador Piso 3
P4	X7	JOG Subir
P5	X10	JOG Bajar
P6	X23	Pulsador puerta 1
P7	X24	Pulsador puerta 2
P8	X25	Pulsador puerta 3
SI1	X11	Sensor Nivel 1
SI2	X12	Sensor Nivel 2
SI3	X13	Sensor Nivel 3
SI4	X14	Paro seguridad piso 1
SI5	X15	Paro seguridad piso 3
SI6	X16	Paro seguridad Guaya contrapesa

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

<b>Entradas</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Nombre</b>
SI7	X2	Seguridad puerta cabina 1
SI8	X3	Seguridad puerta cabina 2
MS1	X20	Microswitche puerta 1
MS2	X21	Microswitche puerta 2
MS3	X22	Microswitche puerta 3
MS4	X17	Microswitche guaya tambor

PE: Paro de emergencia

P: Pulsador

SI: Sensor Inductivo

MS: Microswitche

- **Pulsadores**

Cada piso cuenta con una botonera de control en la zona externa del elevador (Ver Fig. 28).

En estas botoneras se localizan los siguientes pulsadores:

PE: Paro de emergencia.

P1, P2, P3: Pulsador pisos 1, 2 y 3.

P4, P5, P6: Pulsador Puerta pisos 1, 2 y 3.

- PE: Paro de emergencia.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Corresponde al pulsador rojo de la Fig. 28 y es de tipo zeta. Al pulsarlo detiene todo el sistema en caso de emergencia.

- P1, P2 y P3: Pulsador pisos 1, 2 y 3

A cada nivel se accede por medio de los pulsadores P1, P2 y P3 (Pulsadores verdes de la Fig. 28). Cada piso corresponde a una de las bodegas. Con el elevador se busca minimizar los tiempos de carga y descarga de mercancía. En la Fig. 29 se aprecian las cajas típicas en donde se conservan los productos terminados para su posterior almacenamiento hasta su distribución final.

- P4, P5 y P6: Pulsador puerta pisos 1, 2 y 3

Cada nivel cuenta con una puerta deslizante de seguridad. Estas puertas son fijas en cada piso e impiden el paso de cualquier persona hacia el área de transporte. Los pulsadores P4, P5 y P6 (Pulsador negro en la botonera de control) funcionan como mandos tipo JOG y envían una señal para activar las electroválvulas que mantienen bloqueadas las puertas deslizables en cada planta. Los mandos JOG son pulsadores que solo funcionan mientras se esté ejerciendo una acción (pulsando) sobre ellos.



**Fig. 28.** Botonera de control. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 29.** Mercancías ESTRA transportadas por el elevador. Fuente: Autores.

Existen otros dos pulsadores tipo JOG localizados en la parte lateral del tablero eléctrico (Ver Fig. 30). Estos pulsadores funcionan siempre y cuando exista una acción permanente sobre ellos.

- P7: Pulsador Jog subir

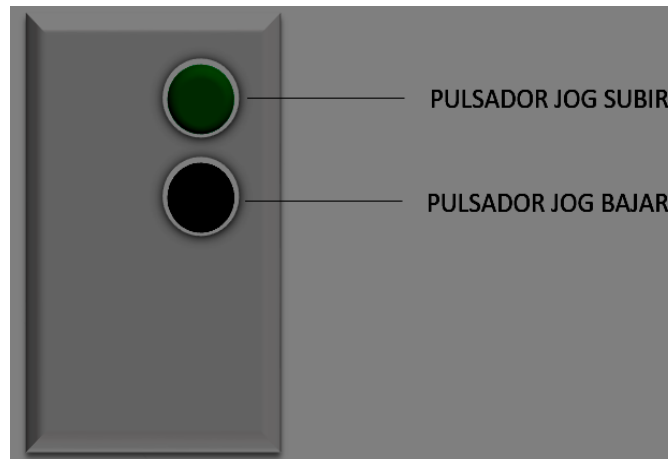
Maniobra la cabina del elevador de forma ascendente.

- P8: Pulsador Jog bajar

Maniobra la cabina del elevador de forma descendente.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 30.** Pulsadores JOG en tablero eléctrico. Fuente: Autores.

- **Sensores**

El sistema de automatización del elevador dispone de diferentes sensores de tipo inductivo y estos corresponden a:

- Sensores de nivel (3 unidades)
- Paro de seguridad (3 unidades)
- Paro seguridad Guaya contrapesa
- Seguridad puerta cabina (2 unidades)

*Sensores de nivel*

Se disponen de 3 sensores de nivel para cada piso. La detención de la cabina se realiza por medio de una señal eléctrica enviada por el sensor al autómata.

*Paro de seguridad Pisos 1 y 3*

En caso de fallo de los sensores de nivel, la cabina podría seguir de largo y estrellarse contra las zonas superior o inferior del sistema de elevación. Para evitar esto, se dispusieron de dos sensores localizados cerca del final de recorrido de los niveles 1 y 3.

*Paro seguridad Guaya contrapesa*

Este sensor detiene la cabina en caso en que la contrapesa esté averiada, por rompimiento o distensión.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### *Seguridad puerta cabina*

La puerta cabina del elevador al ser doble dispone de dos sensores de seguridad. Cuando existe contacto con los sensores (puerta cabina cerrada) envía una señal al autómata para realizar una acción de control (activar motor derecha o izquierda desde la botonera según el piso). En caso contrario, cuando no existe contacto (puerta cabina abierta), impide o bloquea cualquier desplazamiento del elevador. El sistema de elevación solo permite el desplazamiento del elevador de carga solo cuando la puerta cabina y la puerta deslizable de seguridad se hallan cerradas.

- **Microswitches**

Se finaliza la descripción y funcionamiento de las señales de entrada definiendo los microswitches utilizados en el sistema.

- Microswitches puertas 1, 2 y 3

Anteriormente se explicó que en cada piso del sistema de elevación se cuenta con una puerta deslizable de seguridad. Estas puertas se maniobran manualmente y se activan por medio del pulsador puerta (Pulsador negro en cada botonera de control). El modo de bloqueo de estas puertas se realiza por medio de actuadores neumáticos (éstos se explican con más detalle en la sección de señales de salida). Cada puerta deslizable acciona un microswitch que actúa como final de carrera con el fin de bloquear o desbloquear. Cuando la puerta se cierra conmuta el estado del microswitch y éste activa el pistón respectivo para bloquear de nuevo la puerta.

- Microswitch Guaya tambor

Este microswitch reconoce cuando la guaya está sin tensión, debido a fallo del sensor de paro de seguridad o si la guaya se revienta. Si se presenta alguno de estos casos, el microswitch actúa inmediatamente deteniendo todo el sistema.

### 3.2.1.2 Variables de salida

Todas las señales de salida involucradas en el sistema de elevación son digitales. En la Tabla 14 se especifican cada una de las variables de salida de acuerdo con su tipo y la etiqueta que le corresponde en la conexión al PLC.

**Tabla 14.** Señales de salida para el PLC Xinje XC3. Fuente: Autores.

Salidas		
Tipo	Etiqueta	Nombre
EV1	Y0	Pistón Bloqueo Cabina piso 2
EV2	Y1	Pistón Bloqueo Cabina piso 3
EV3	Y2	Pistón Bloqueo puerta 1
EV4	Y3	Pistón Bloqueo puerta 2
EV5	Y4	Pistón Bloqueo puerta 3
SL1	Y5	Señal Cabina en movimiento
UP	Y6	Cabina Subiendo
DOWN	Y7	Cabina Bajando
SL2	Y10	Baliza LED
JOG1	Y11	Bobina ascender
JOG2	Y12	Bobina descender

EV: Electroválvulas

SL: Señal luminosa

UP: Subir

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

DOWN: Bajar

- **Pistones de Bloqueo pisos 2 y 3**

Estas señales se encuentran denominadas respectivamente como EV1 y EV2 y coinciden con las etiquetas Y0 y Y1 del PLC. Son dos actuadores neumáticos localizados en los pisos 2 y 3 encargados de bloquear la cabina una vez se abra la puerta deslizante de seguridad.

- **Pistones de Bloqueo puertas 1, 2 y 3**

Estas señales se encuentran denominadas como EV3, EV4 y EV5 para las puertas 1, 2 y 3 respectivamente y coinciden con las etiquetas Y2, Y3 y Y4 del PLC. Se tratan de actuadores electro neumáticos destinados a bloquear las puertas deslizantes en cada piso. Las señales de entrada para su activación provienen de los microswitches localizados en cada puerta.

- **Señal luminosa cabina en movimiento**

Esta señal se encuentra denominada como SL y coincide con la etiqueta Y5 del PLC. Se trata de una señal luminosa (no visible para el usuario) que se activa cada vez que el elevador se pone en marcha. Igualmente se ha dispuesto de una señal visible para el personal en cada nivel del sistema de elevación. Esta señal está designada con la etiqueta Y10 y corresponde a una Baliza LED.

- **Cabina subiendo**

Esta señal se encuentra denominada como UP y coincide con la etiqueta Y6 del PLC. Corresponde a la activación automática de la bobina del motorreductor de forma ascendente.

- **Cabina bajando**

Esta señal se encuentra denominada como DOWN y coincide con la etiqueta Y7 del PLC. Corresponde a la activación automática de la bobina del motorreductor de forma descendente.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **JOG1 y JOG2**

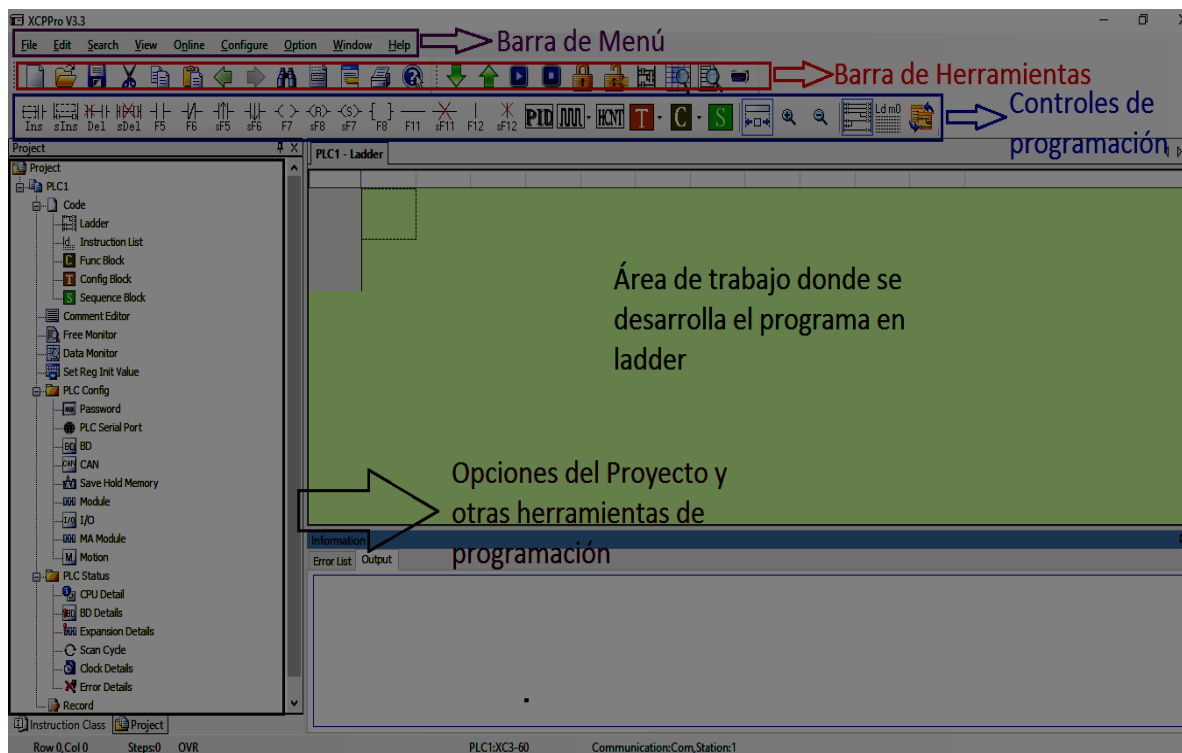
Estas señales coinciden con las etiquetas Y14 y Y15 del PLC. Corresponden a la activación manual de la bobina del motorreductor; JOG1 para subir y JOG2 para bajar.

### 3.2.2 Programación en XC Pro de Xinje

Todo el algoritmo de programación desarrollado para la automatización del elevador de carga se ha realizado mediante el lenguaje de contactos o ladder (escalera).

El software utilizado para este fin corresponde al XCPPro versión 3.3 del mismo fabricante de PLC utilizado en la aplicación.

XCPPro presenta una interfaz sencilla e intuitiva. En la Fig. 31 se describen cada una de las zonas de la ventana principal del programa.

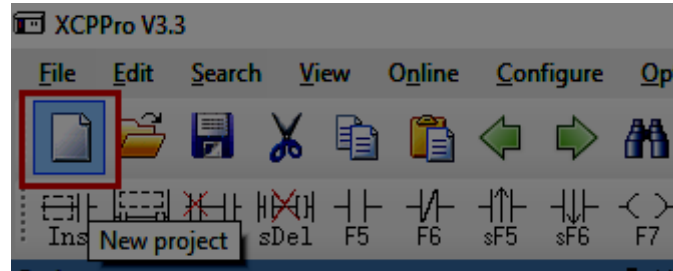


**Fig. 31.** Ventana principal del programa XCPPro. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.2.2.1 Creación de nuevo proyecto

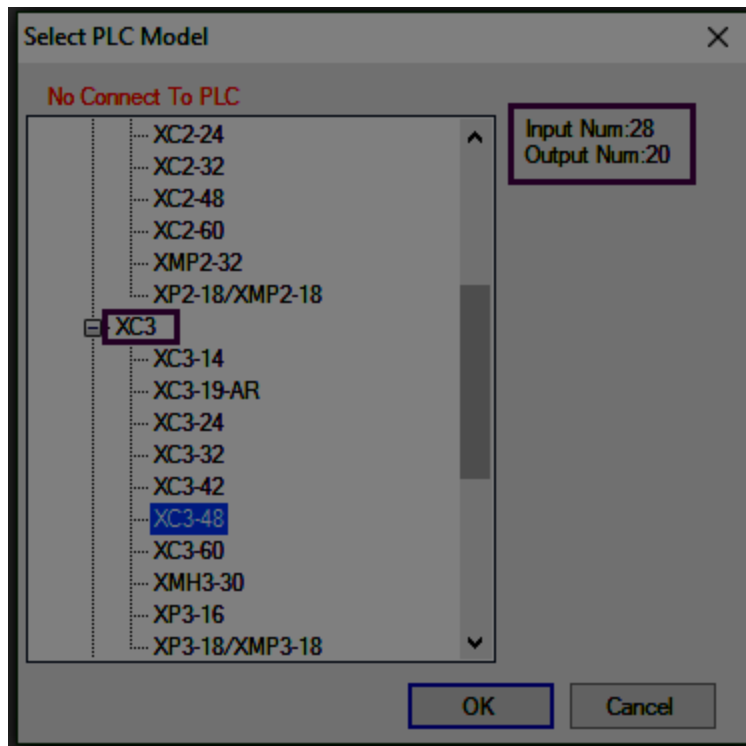
En la barra de herramientas se selecciona la opción “New Project” tal como se muestra en la Fig. 32



**Fig. 32.** Creación de nuevo proyecto. Fuente: Autores.

A continuación, se despliega una ventana solicitando el modelo del PLC y la subserie (Ver Fig. 33). Se selecciona la subserie XC3 y además el número de I/O de acuerdo con la necesidad; en este caso se ha seleccionado el XC3-48 (Entradas: 28, Salidas: 20). Es importante que la subserie seleccionada coincida con el hardware de PLC escogido.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



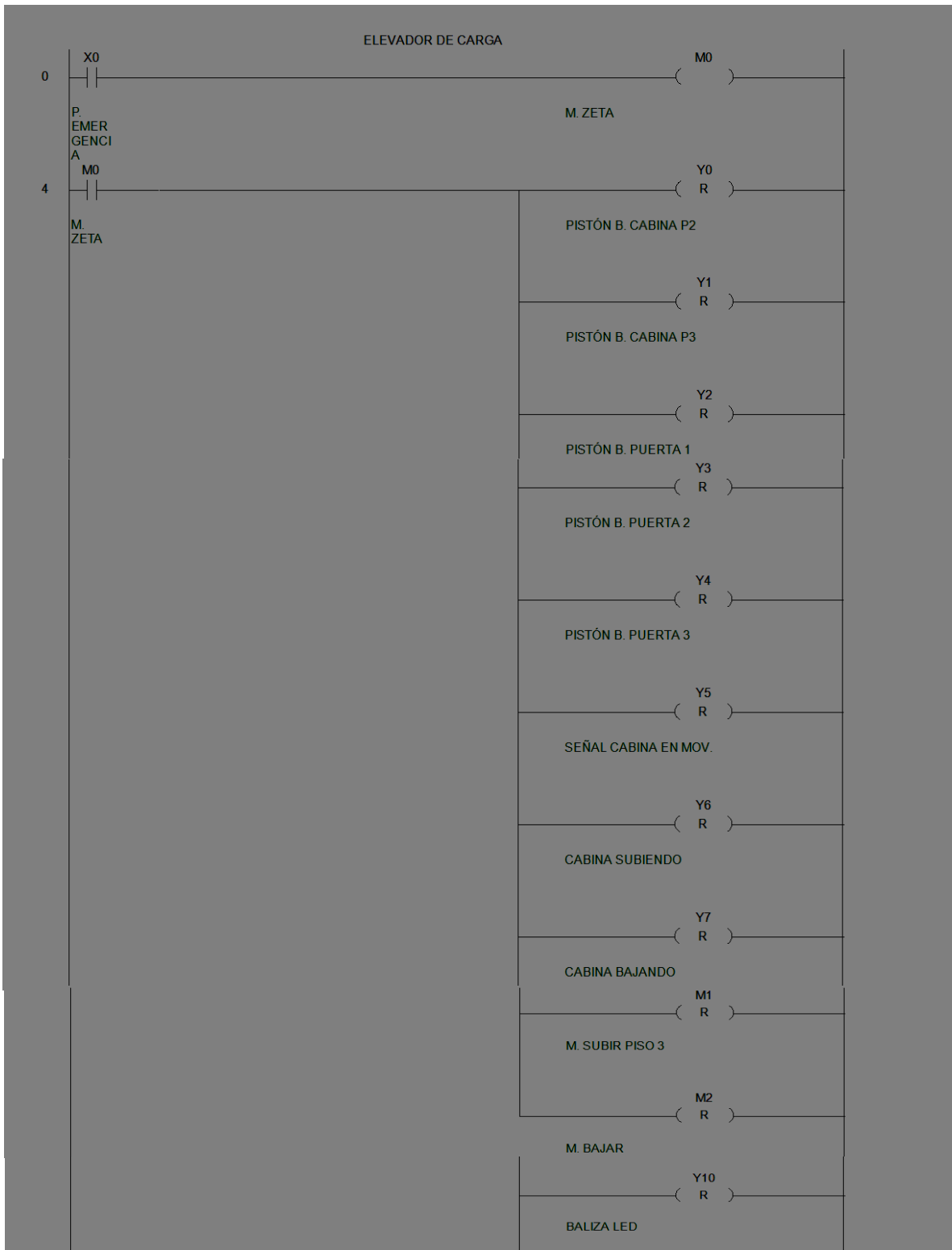
**Fig. 33.** Selección de la subserie de PLC XC de Xinje. Fuente: Autores.

### 3.2.2.2 Desarrollo del programa en Ladder

En esta sección se desarrolla todo el sistema automático del elevador. Cada línea de código se explica y se precede mediante segmentos que contienen un título descriptivo y un comentario que define en detalle lo que ejecuta cada línea.

**Segmento 1: Título: Paro de emergencia.**

Comentario: La entrada X0 del pulsador de emergencia activa la marca de memoria M0. Esta marca es la que se utiliza para resetear el sistema. Las señales de salida que se desactivan son: los pistones de bloqueo para la cabina en los pisos 1 y 3; señal luminosa de cabina en movimiento, Baliza LED, cabina subiendo (motor der.), cabina bajando (motor izq.). Las marcas M1 y M2 corresponden a la orden efectuada para los diferentes giros del motor. (Ver Fig. 34)



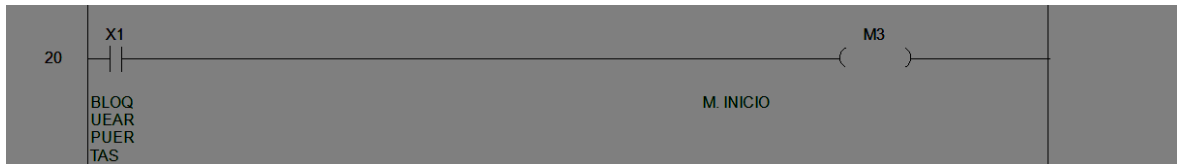
**Fig. 34.** Segmento 1 del código. Fuente: Autores.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 2: Título:** *Activación de la marca Bloquear puertas.*

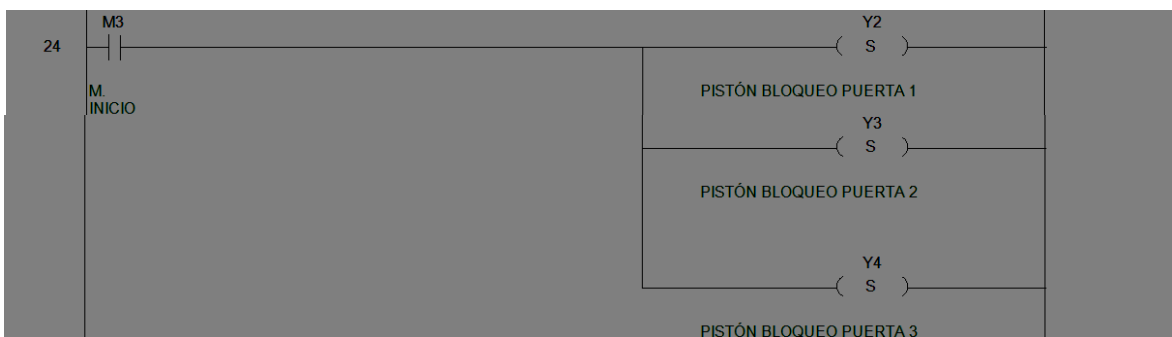
Comentario: La entrada X1 corresponde al pulsador de bloquear puertas. Se inicia solamente cuando se pone en marcha el autómata para poner en funcionamiento el sistema de elevación. Esta señal de entrada activará la marca M3, denominada como marca de inicio. (Ver Fig. 35).



**Fig. 35.** Segmento 2 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 3: Título:** *Activar Bloqueo de puertas.*

Comentario: La marca M3 activa las bobinas de los pistones de bloqueo para las puertas de los pisos 1, 2 y 3. (Ver Fig. 36)



**Fig. 36.** Segmento 3 del código. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 4: Título:** Activar marca de seguridad puerta cabina.

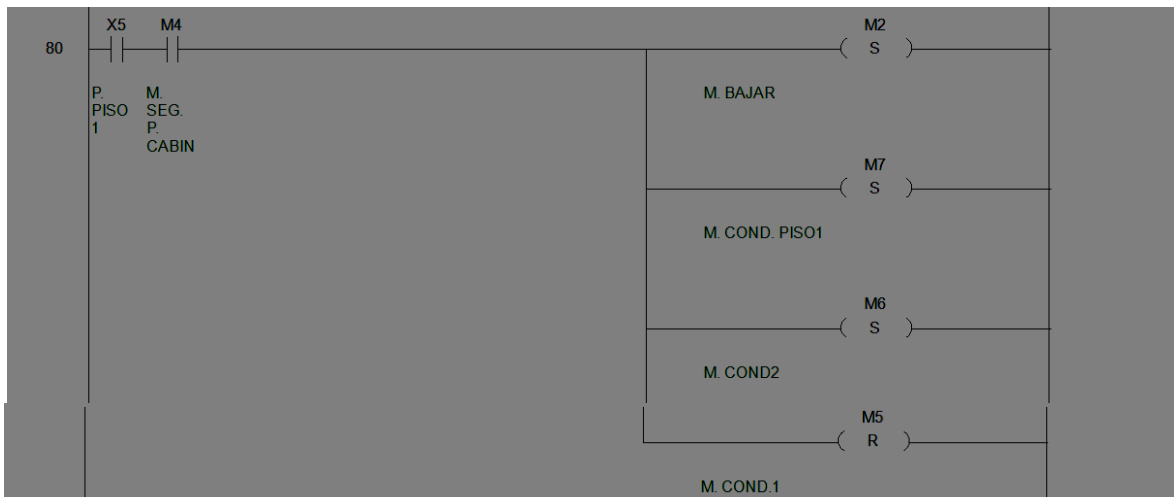
Comentario: Las entradas X2 y X3 corresponden a los sensores de seguridad de la puerta cabina. Una vez se cierra la puerta cabina, estos sensores envían una señal a la marca M4. (Ver Fig. 37)



**Fig. 37.** Segmento 4 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 5: Título:** Funcionamiento del pulsador piso 1.

Comentario: La entrada X5 corresponde al pulsador de primer nivel. Esta entrada no funciona si la puerta cabina no se ha cerrado. La entrada digital del pulsador de primer piso activa la marca M2 que accionará posteriormente el motorreductor en sentido descendente. También existen otras marcas que funcionan como condiciones para el pulsador de segunda planta, M5, M6 y M7. El objetivo de estas marcas se explicará en el siguiente segmento. (Ver Fig. 38)

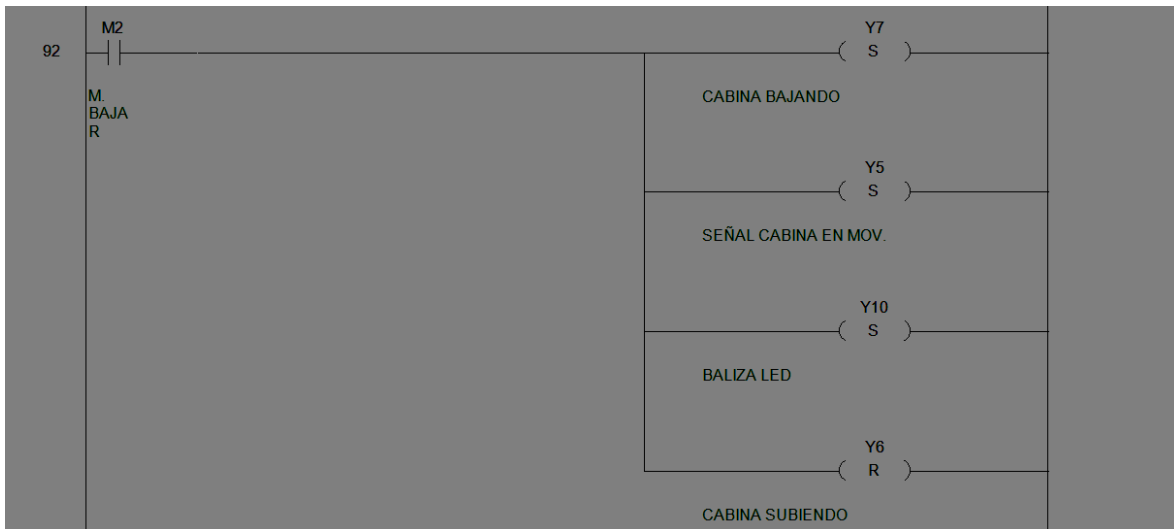


**Fig. 38.** Segmento 5 del código. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 6: Título:** *Bajar a primer nivel.*

**Comentario:** La marca M2 activada mediante el pulsador de piso 1 (X5) setea las salidas de las bobinas para cabina bajando (Y7), señal cabina en movimiento (Y5) y baliza led (Y10). A su vez, debe apagarse la salida para cabina subiendo (Y6). (Ver Fig. 39)



**Fig. 39.** Segmento 6 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 7: Título:** *Funcionamiento del pulsador piso 2.*

**Comentario:** Existen 2 condiciones para el funcionamiento del *pulsador piso 2*.

- A) Ir al piso 2 desde primera planta
- B) Ir al piso 2 desde tercera planta

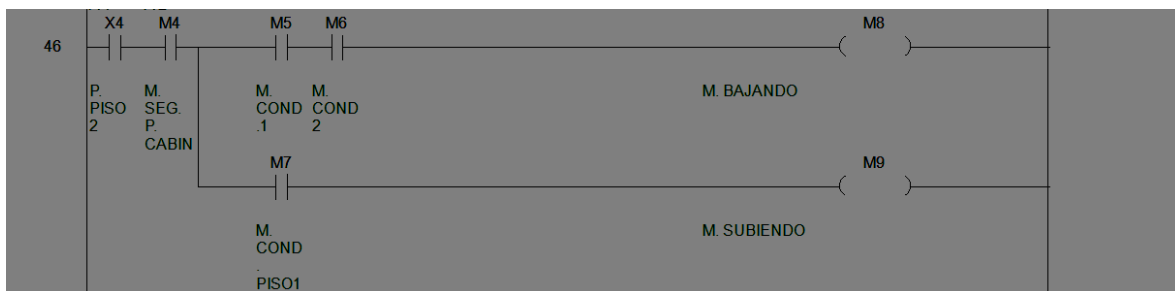
Cuando se presenta el primer caso, es decir, cuando la cabina se encuentra en la primera planta y se desea ir al nivel 2, debe activarse una marca que permita que el sentido del motorreductor sea ascendente. Esta marca está designada como M9 (M. Subiendo). Por otro lado, cuando la cabina se encuentra en la tercera planta y se desea ir al nivel 2, debe activarse una marca que posibilite que el sentido del motorreductor sea descendente. Esta marca está designada como M8 (M. Bajando).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

X4 corresponde a la entrada digital para el *pulsador piso 2* (Ver Fig. 40). Dicha señal no funciona si la puerta cabina no se encuentra cerrada. Cuando la marca M4 recibe la confirmación de los sensores de seguridad de la puerta cabina, se permite entonces llamar el elevador al piso 2.

Cuando el elevador se encuentre en el primer nivel, entonces permanece activa la marca para la condición del piso 1 (M7), previamente activada mediante el pulsador piso 1. En este caso existe flujo de corriente hacia la marca M9 que activará más adelante el motorreductor en sentido ascendente. La razón por la que no existe flujo hacia M8 se debe a que anteriormente con el pulsador de piso 1 se reseteó una de las dos condiciones para el funcionamiento del elevador, esta marca corresponde a M5 (M. Cond. 1).

Cuando el elevador se encuentre en el tercer nivel, entonces se cae o resetea la marca para la condición del piso 1 (M7) mediante el pulsador de piso 3 y se activará la marca de la condición 1 (M5) que antes permanecía abierta. En este caso existe flujo de corriente hacia la marca M8, ya que M6 fue previamente cerrada con el pulsador piso 1. M8 (M. Bajando) activará el motorreductor en sentido descendente.

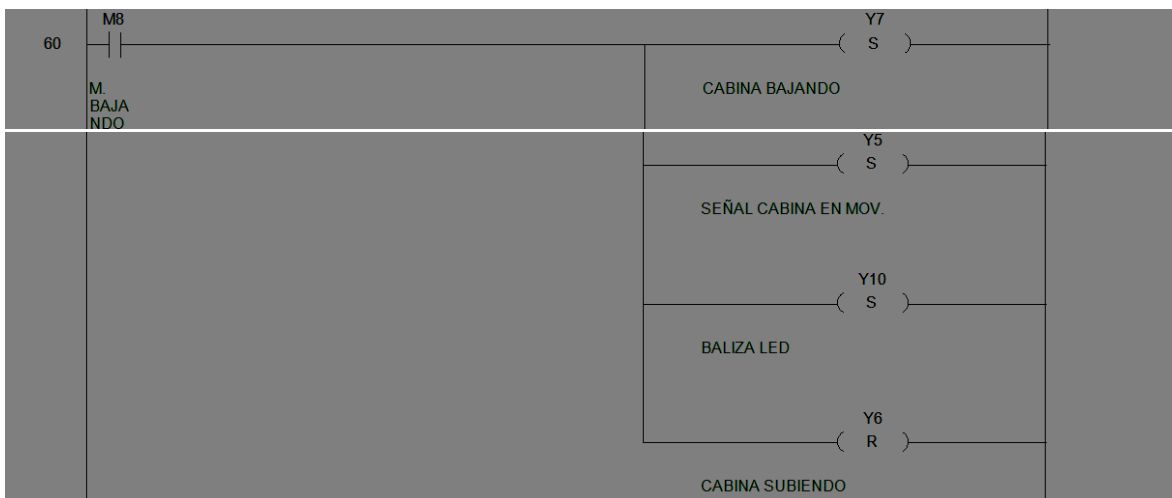


**Fig. 40.** Segmento 7 del código. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 8: Título:** *Bajar a segundo nivel.*

Comentario: Si del segmento 7 se dieron las condiciones para activar la marca M8, quiere decir que el elevador se encuentra en la planta 3 y se solicita ir al nivel 2. En este caso deben setearse las salidas de las bobinas para cabina bajando (Y7), señal cabina en movimiento (Y5) y la baliza led (Y10). Por otro lado, la salida Y6 (cabina subiendo) debe resetearse. (Ver Fig. 41)

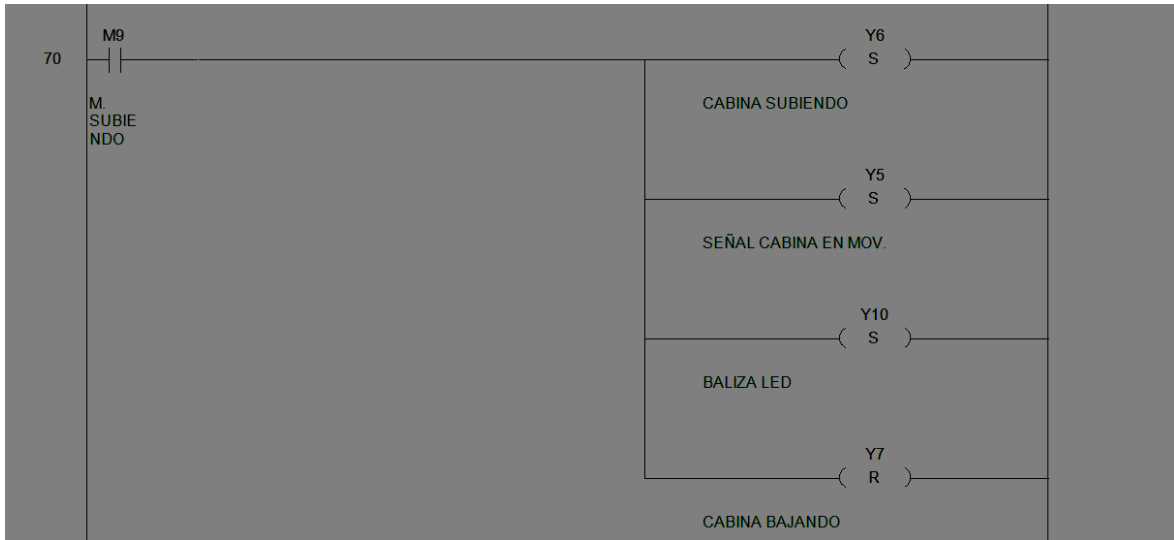


**Fig. 41.** Segmento 8 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 9: Título:** *Subir a segundo nivel.*

Comentario: Si del segmento 7 se dieron las condiciones para activar la marca M9, quiere decir que el elevador se encuentra en la primera planta y se solicita ir al nivel 2. En este caso deben activarse las salidas de las bobinas para cabina subiendo (Y6), señal cabina en movimiento (Y5) y baliza led (Y10). A su vez debe resetearse la marca Y7 (Cabina bajando). (Ver Fig. 42)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

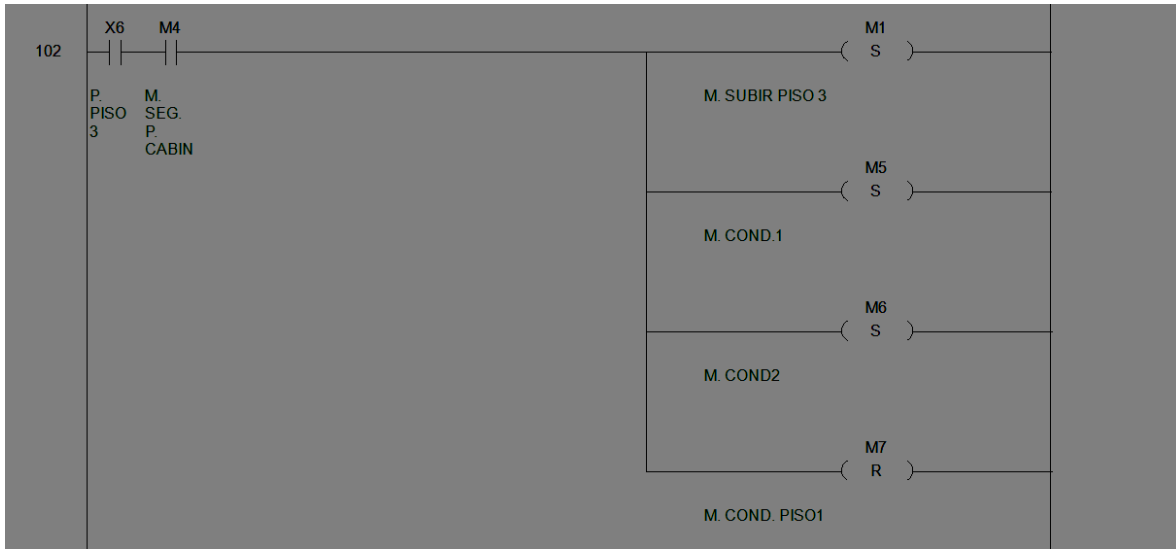


**Fig. 42.** Segmento 9 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 10: Título:** *Funcionamiento pulsador piso 3.*

Comentario: X6 corresponde a la entrada digital para pulsador piso3. Al igual que los demás pulsadores para cada nivel, no funcionará si la puerta cabina no se halla cerrada. El pulsador de planta 3 activa la marca de subir piso 3 (M1), al igual que las condiciones 1 y 2 descritas en el segmento 7. En este caso se resetea la condición para el piso 1 (M7) con el fin de desviar la corriente cuando el elevador se encuentre en la primera planta y se requiera subir al segundo nivel. (Ver Fig. 43)

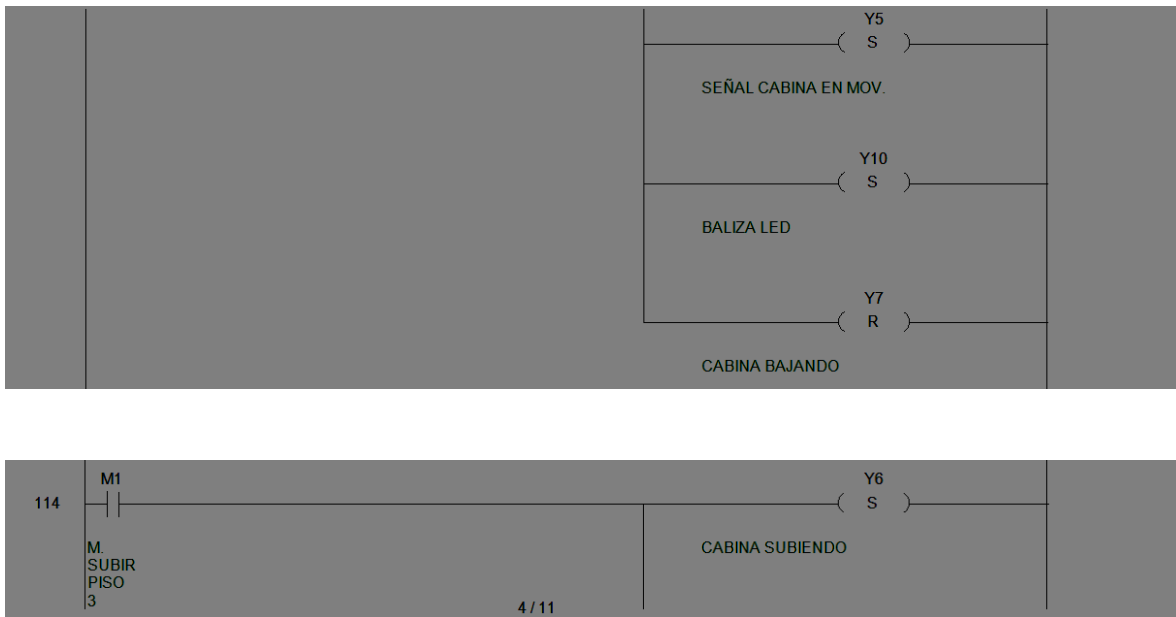
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 43.** Segmento 10 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 11: Título:** *Subir a tercer nivel.*

Comentario: La marca M1 activa las salidas de las bobinas para cabina subiendo (Y6), señal cabina en movimiento (Y5) y baliza led (Y10). Por otro lado, se resetea la salida para cabina bajando (Y7). (Ver Fig. 44)



**Fig. 44.** Segmento 11 del código. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 12: Título:** *Funcionamiento del pulsador JOG subir.*

Comentario: La entrada digital del pulsador JOG subir (X7) activa la marca asociada a su función (M10). (Ver Fig. 45)



**Fig. 45.** Segmento 12 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 13: Título:** *Subir manual.*

Comentario: Mientras se esté presionando el pulsador de JOG subir, se mantendrá activa la marca M10 que accionará la bobina para cabina subiendo (Y11). (Ver Fig. 46)



**Fig. 46.** Segmento 13 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 14: Título:** *Funcionamiento del pulsador JOG bajar.*

Comentario: La entrada digital del pulsador JOG bajar (X10) activa la marca asociada a su función (M11). (Ver Fig. 47)



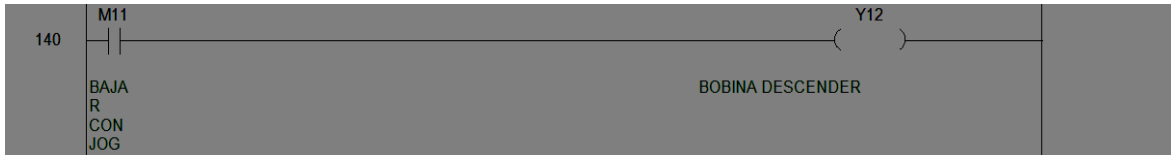
**Fig. 47.** Segmento 14 del código. Fuente: Autores.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 15: Título:** *Bajar manual.*

Comentario: Mientras se esté presionando el pulsador de JOG bajar, se mantendrá activa la marca M11 que accionará la bobina para cabina bajando (Y12). (Ver Fig. 48)



**Fig. 48.** Segmento 15 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 16: Título:** *Sensor nivel primer piso.*

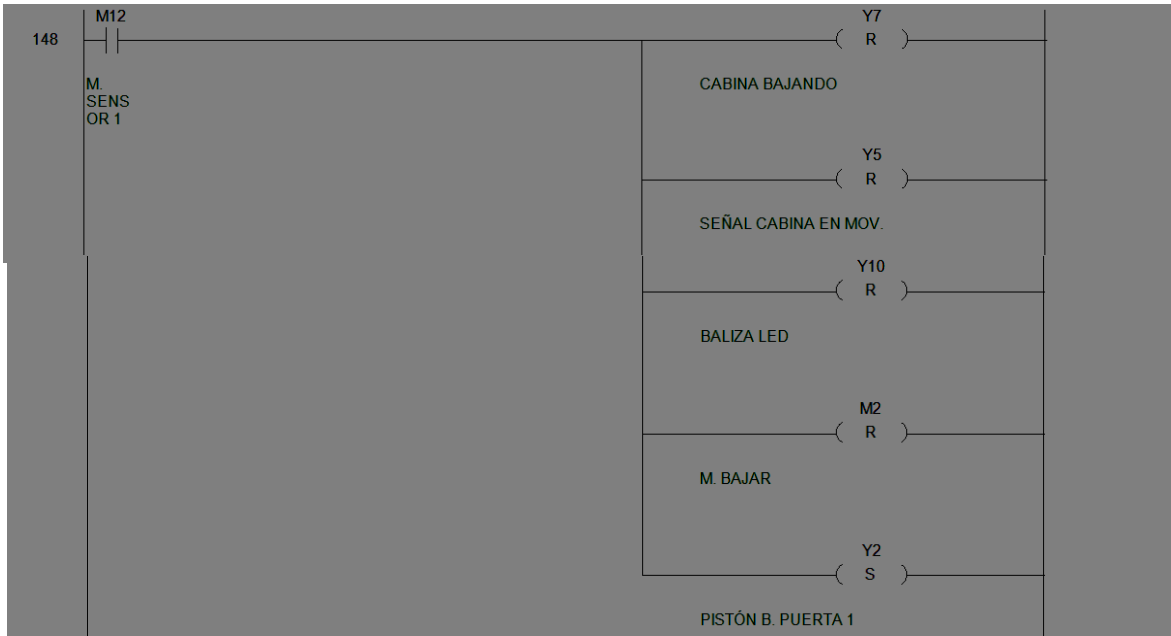
Comentario: La entrada X11 del sensor de nivel 1 activa la marca asociada a su función (M12). (Ver Fig. 49)



**Fig. 49.** Segmento 16 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 17: Título:** *Detener elevador mediante sensor nivel 1.*

Comentario: La marca de sensor nivel 1 (M12) apaga las salidas de las bobinas para cabina bajando (Y7), señal cabina en movimiento (Y5), baliza led (Y10) y la marca asociada al funcionamiento de la cabina en sentido descendente (M2). Por otra parte, se activa la salida para el pistón de bloqueo de puerta 1. (Ver Fig. 50)



**Fig. 50.** Segmento 17 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 18: Título: Sensor nivel segundo piso.**

Comentario: La entrada X12 del sensor de nivel 2 activa la marca asociada a su función (M13). (Ver Fig. 51)

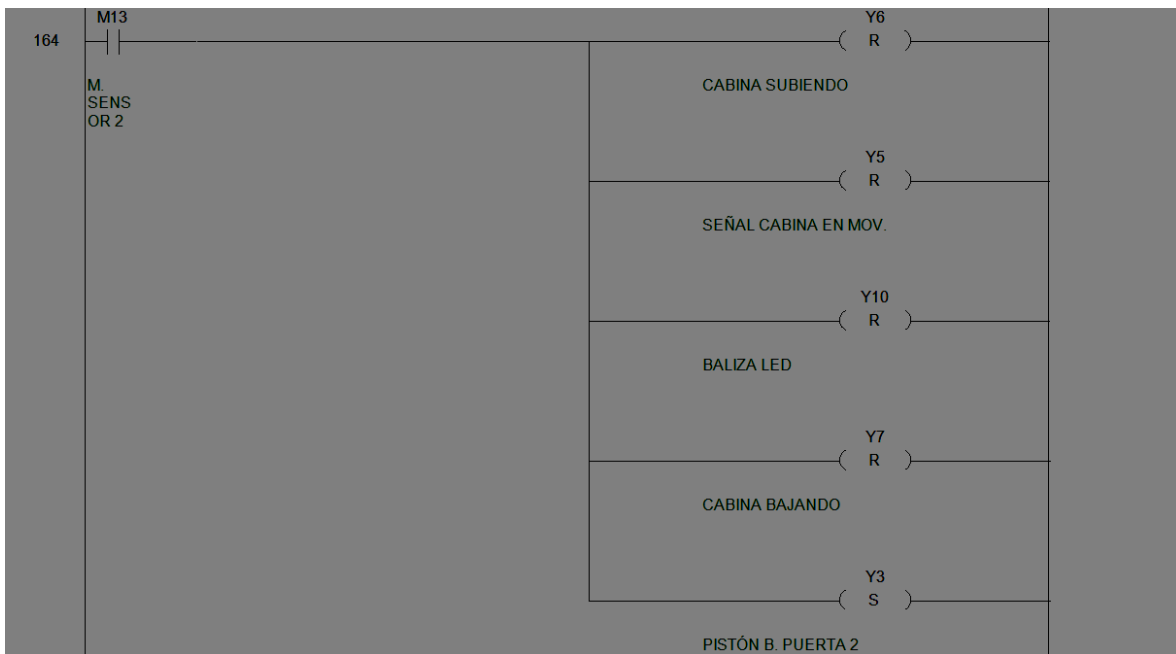


**Fig. 51.** Segmento 18 del código. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 19: Título:** *Detener elevador mediante sensor nivel 2.*

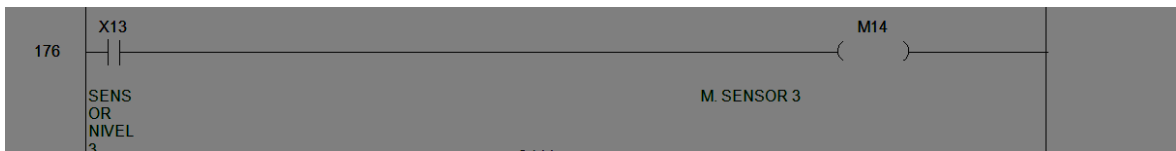
Comentario: La marca de sensor nivel 2 (M13) apaga las salidas de las bobinas para cabina subiendo (Y6), cabina bajando (Y7), señal cabina en movimiento (Y5) y baliza led (Y10). Por otra parte, se activa la salida para el pistón de bloqueo de puerta 2. (Ver Fig. 52)



**Fig. 52.** Segmento 19 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 20: Título:** *Sensor nivel tercer piso.*

Comentario: La entrada X13 del sensor de nivel 3 activa la marca asociada a su función (M14). (Ver Fig. 53)

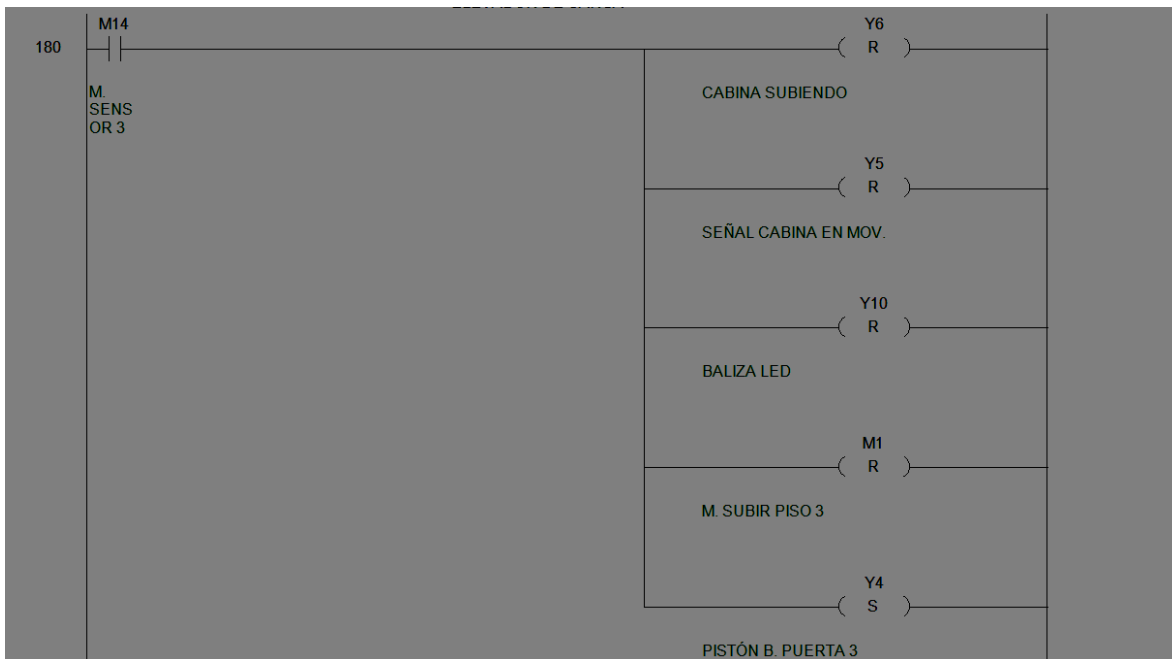


**Fig. 53.** Segmento 20 del código. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 21: Título:** *Detener elevador mediante sensor nivel 3.*

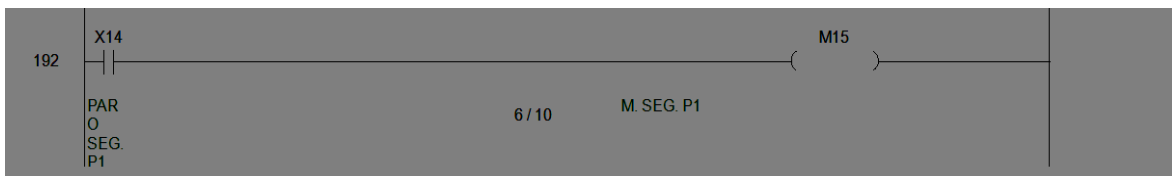
Comentario: La marca de sensor nivel 3 (M14) apaga las salidas de las bobinas para cabina subiendo (Y6), señal cabina en movimiento (Y5), baliza led (Y10) y la marca asociada al funcionamiento de la cabina en sentido ascendente (M1). Por otra parte, se activa la salida para el pistón de bloqueo de puerta 3. (Ver Fig. 54)



**Fig. 54.** Segmento 21 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 22: Título:** *Sensor de seguridad Piso 1.*

Comentario: La entrada digital X14 del paro de seguridad piso 1 activa la marca asociada a su función (M15). (Ver Fig. 55)

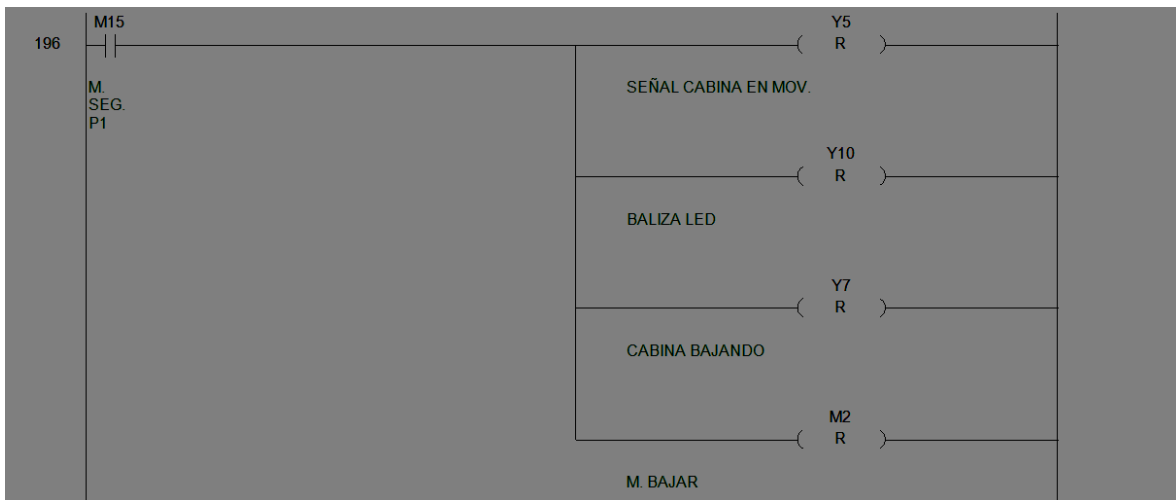


**Fig. 55.** Segmento 22 del código. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 23: Título: Detener elevador en caso de fallo de sensor nivel 1.**

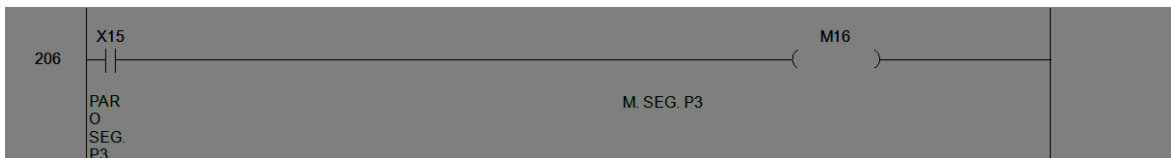
Comentario: En caso en que se presente algún fallo en el sensor de nivel del piso 1, se activa en su lugar un paro de seguridad mediante la entrada digital X14 descrita en la Fig. 54. La marca asociada a esta entrada (M15) resetea las salidas de las bobinas: señal cabina en movimiento (Y5), baliza led (Y10), cabina bajando (Y7) y la marca asociada al funcionamiento de la cabina en sentido descendente (M2). Este paro de seguridad es indispensable para evitar que la cabina choque contra la zona inferior del sistema de elevación. (Ver Fig. 56)



**Fig. 56.** Segmento 23 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 24: Título: Sensor de seguridad piso 3.**

Comentario: La entrada digital X15 del paro de seguridad piso 3 activa la marca asociada a su función (M16). (Ver Fig. 57)

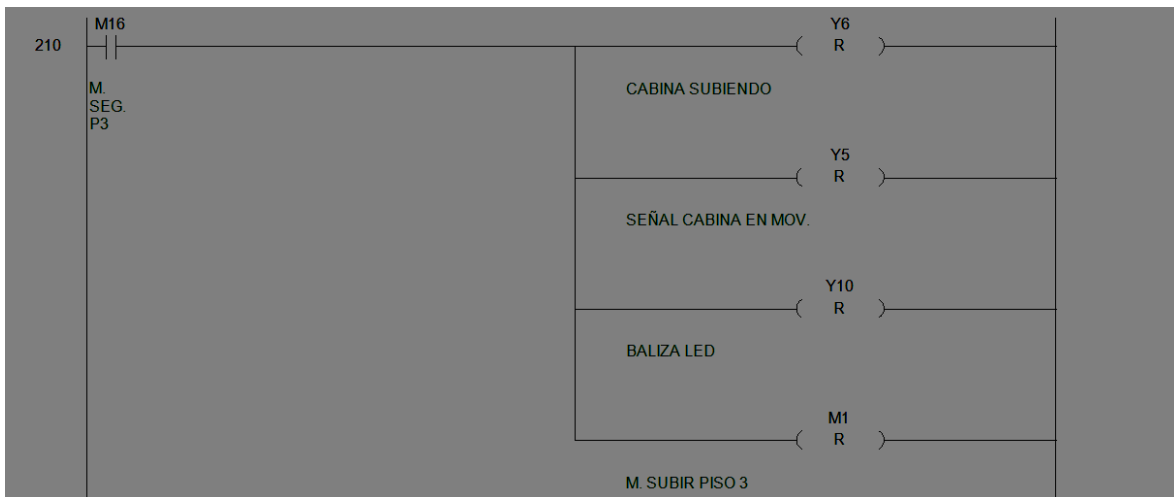


**Fig. 57.** Segmento 24 del código. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 25: Título:** *Detener elevador en caso de fallo de sensor nivel 3.*

Comentario: En caso en que se presente algún fallo en el sensor de nivel del piso 3, se activa en su lugar un paro de seguridad mediante la entrada digital X15 descrita en el segmento anterior. La marca asociada a esta entrada (M16) resetea las salidas de las bobinas: señal cabina en movimiento (Y5), baliza led (Y10), cabina subiendo (Y6) y la marca asociada al funcionamiento de la cabina en sentido ascendente (M1). Este paro de seguridad es indispensable para evitar que la cabina choque con la zona superior del sistema de elevación. (Ver Fig. 58)



**Fig. 58.** Segmento 25 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 26: Título:** *Paro seguridad guaya contrapesa.*

Comentario: La entrada digital X16 (Paro de seguridad guaya contrapesa) activa la marca asociada a su función (M17). (Ver Fig. 59)

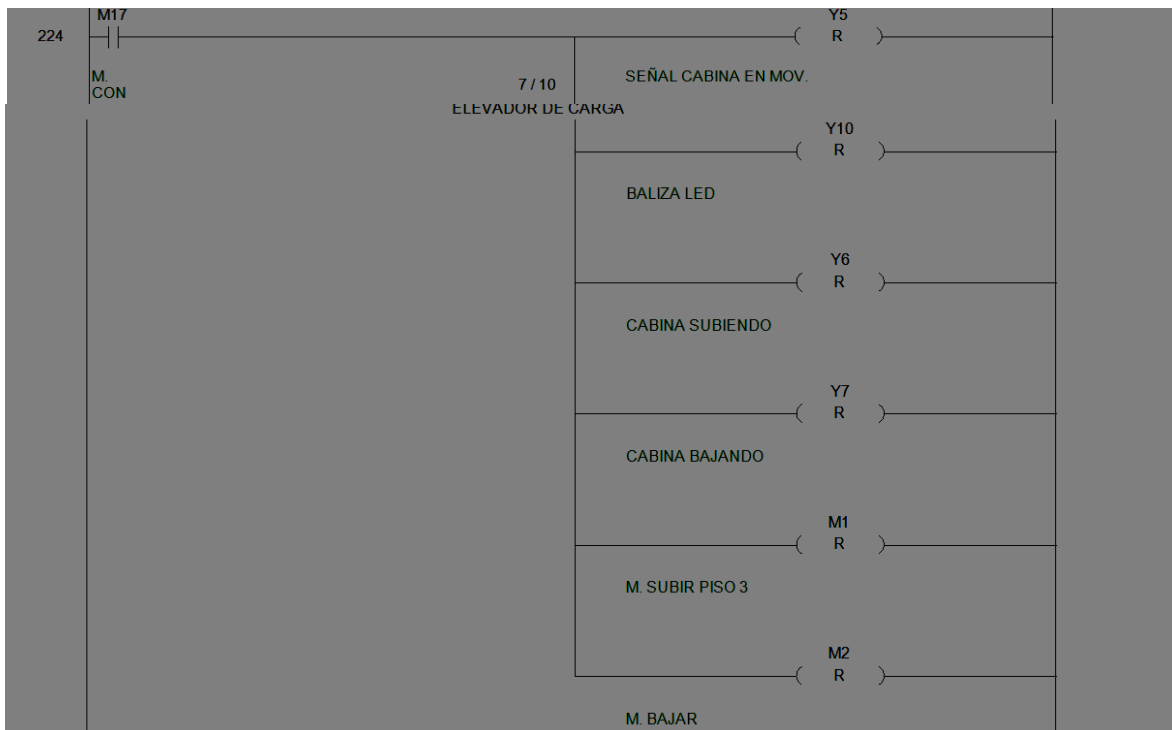


**Fig. 59.** Segmento 26 del código. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 27: Título: Detener elevador en caso de fallo de la guaya contrapesa.**

Comentario: El sensor de la guaya contrapesa (X16) detecta cuando la guaya se halla averiada o sin tensión. La marca M17 asociada a este sensor reseteará las salidas de las bobinas para señal cabina en movimiento (Y5), baliza led (Y10), cabina subiendo (Y6), cabina bajando (Y7), así como las marcas destinadas al funcionamiento del elevador en cada uno de sus sentidos de trabajo: M1 (Ascendente) y M2 (Descendente). Es importante destacar que, por seguridad, los pistones de bloqueo para cada una de las puertas en cada nivel permanecen activos. (Ver Fig. 60)

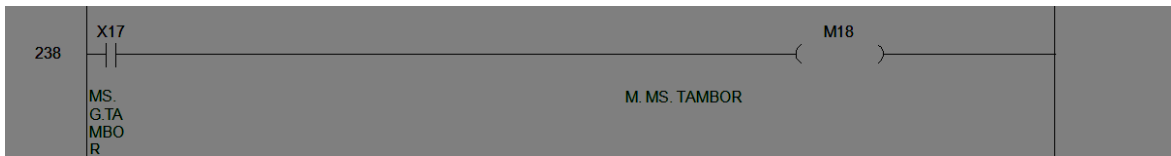


**Fig. 60.** Segmento 27 del código. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 28: Título:** *Microswitche guaya tambor.*

Comentario: La entrada digital X17 (Microswitche guaya tambor) activa la marca asociada a su función (M18). (Ver Fig. 61)



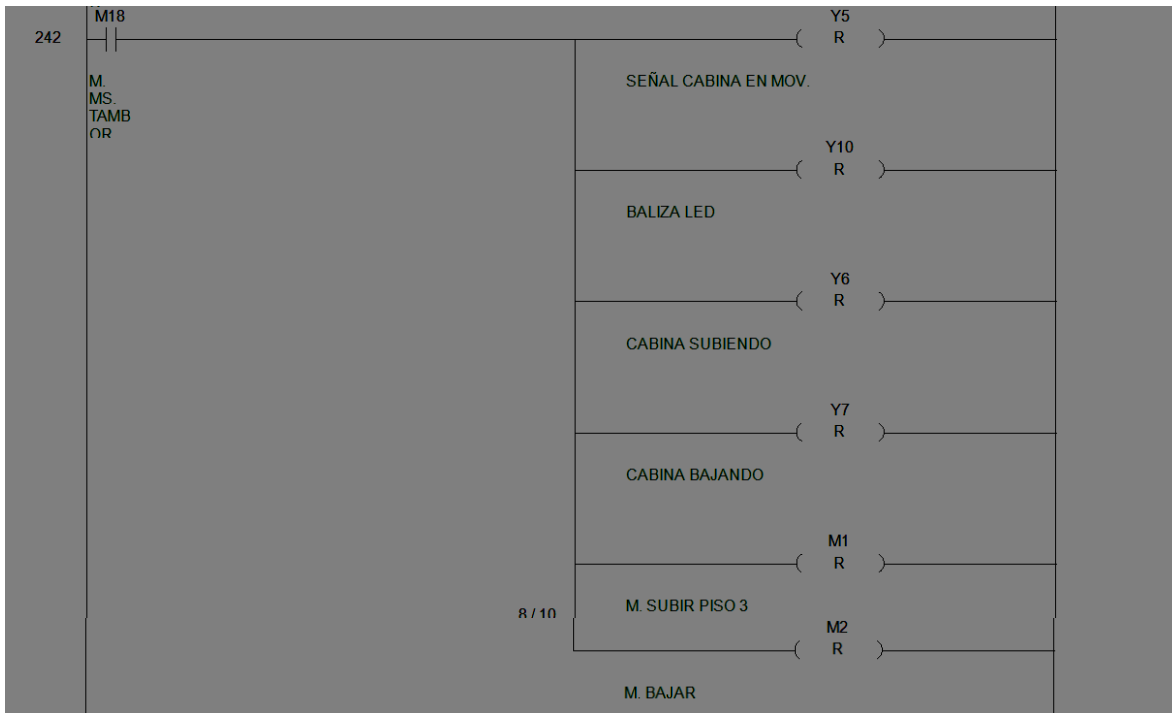
**Fig. 61.** Segmento 28 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 29: Título:** *Detener elevador en caso de fallo de la guaya tambor.*

Comentario: La marca asociada al microswitche de la guaya tambor resetea las siguientes bobinas en caso de fallo de los sensores de nivel, de los paros de seguridad o por rompimiento de la guaya tambor:

Señal cabina en movimiento (Y5), baliza led (Y10), cabina subiendo (Y6), cabina bajando (Y7), así como las marcas destinadas al funcionamiento del elevador en cada uno de sus sentidos de trabajo: M1 (Ascendente) y M2 (Descendente). Tal como ocurre con el sensor de la guaya contrapesa, no se desactivan los pistones de bloqueo para cada una de las puertas. (Ver Fig. 62)





**Fig. 62.** Segmento 29 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 30: Título:** *Microswitche puerta 1.*

Comentario: La entrada digital X20 corresponde al microswitche puerta 1 y activa la marca asociada a su función (M19). (Ver Fig. 63)

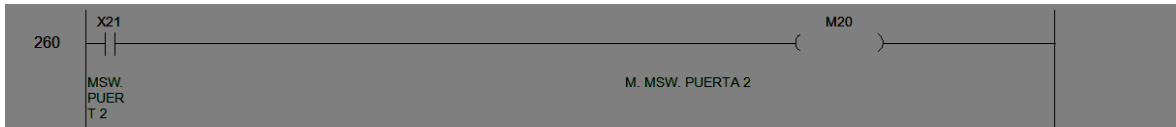


**Fig. 63.** Segmento 30 del código. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 31: Título: Microswitche puerta 2.**

Comentario: La entrada digital X21 corresponde al microswitche puerta 2 y activa la marca asociada a su función (M20). (Ver Fig. 64)



**Fig. 64.** Segmento 31 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 32: Título: Microswitche puerta 3.**

Comentario: La entrada digital X22 corresponde al microswitche puerta 3 y activa la marca asociada a su función (M21). (Ver Fig. 65)

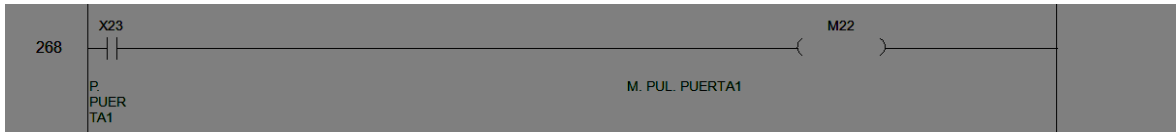


**Fig. 65.** Segmento 32 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 33: Título: Pulsador puerta 1.**

Comentario: La entrada digital X23 corresponde al pulsador puerta 1 y activa la marca asociada a su función (M22). (Ver Fig. 66)

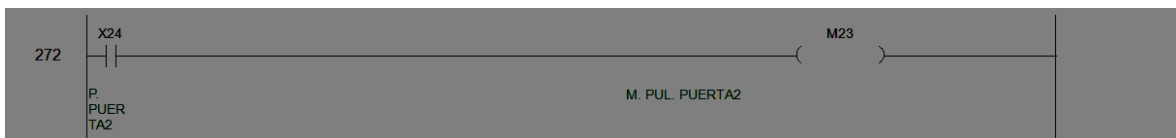
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 66.** Segmento 33 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 34: Título: Pulsador puerta 2.**

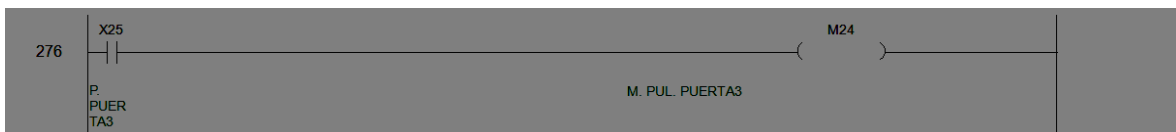
Comentario: La entrada digital X24 corresponde al pulsador puerta 2 y activa la marca asociada a su función (M23). (Ver Fig. 67)



**Fig. 67.** Segmento 34 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 35: Título: Pulsador puerta 3.**

Comentario: La entrada digital X25 corresponde al pulsador puerta 3 y activa la marca asociada a su función (M24). (Ver Fig. 68)



**Fig. 68.** Segmento 35 del código. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 36: Título:** *Desbloquear puerta 1 (deslizable de seguridad).*

Comentario: Todas las puertas deslizables de seguridad se bloquean automáticamente mediante pistones electro neumático. Estos pistones de bloqueo se activan cada vez que se inicia una nueva jornada de operación con el elevador mediante el pulsador X1 descrito en los segmentos 2 y 3.

Para desbloquear la puerta deslizable de seguridad en el primer nivel, se lleva a cabo la acción que se muestra en el presente segmento:

La entrada digital del sensor de nivel 1 (X11) debe estar en contacto. La marca asociada a la acción del pulsador de puerta 1 (M22) desactiva el bloqueo generado por el pistón (Y2). Esta acción generada por la marca M22 es idéntica al funcionamiento de un pulsador tipo JOG, es decir, el vástago del pistón solo entrará siempre y cuando se mantenga presionado el pulsador puerta 1 (X23), de lo contrario, regresa a su posición, bloqueando nuevamente la puerta. Para conseguir mantener desbloqueada la puerta de seguridad 1, es necesario deslizarla lo suficiente (de forma manual) hasta que exista contacto con el microswitch de puerta 1 (X20). La marca asociada a la acción de este microswitch (M19) resetea finalmente la bobina del pistón bloqueo puerta 1, desbloqueando ésta por completo.

Este tipo de operación requiere que el operario mantenga ocupadas ambas manos, una para el pulsador y otra para deslizar la puerta, lo suficiente como para accionar el microswitch. Una vez terminada la tarea de carga o descarga de mercancía, se procede a cerrar la puerta cabina y la puerta deslizable de seguridad, conmutando el estado del microswitch y bloqueando nuevamente la puerta. (Ver Fig. 69)



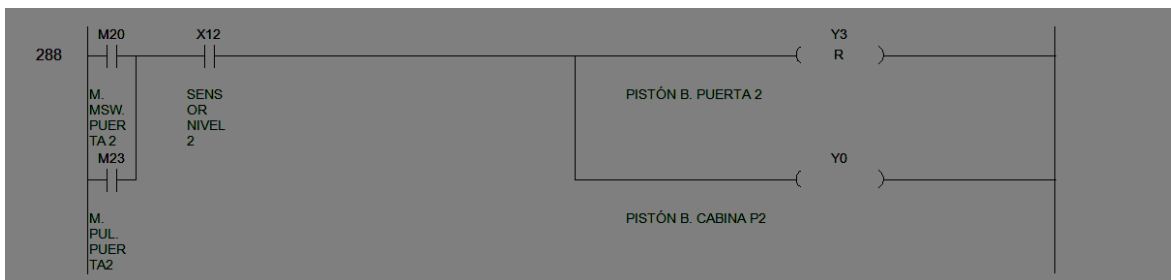
**Fig. 69.** Segmento 36 del código. Fuente: Autores.

**Segmento 37: Título: Desbloquear puerta 2.**

Comentario: La entrada digital del sensor de nivel 2 (X12) debe estar en contacto. La marca asociada a la acción del pulsador de puerta 2 (M23) desactiva el bloqueo generado por el pistón (Y3). Del mismo modo que en el pulsador puerta 1, éste funciona como JOG.

Se debe activar además un bloqueo de seguridad para la cabina mediante el pistón de bloqueo cabina P2 (Y0). Y3 y Y0 solo se activan cuando se da la orden mediante el pulsador puerta 2 (X24). Para conseguir tanto el desbloqueo completo de la puerta (Y3) como el bloqueo de la cabina (Y0), es necesario deslizar la puerta lo suficiente hasta que exista contacto con el microswitche puerta 2 (X21). La marca asociada al microswitche puerta 2 (M20) suministra la señal para este fin.

Una vez cerrada la puerta, se regresa a las condiciones iniciales, es decir, cabina desbloqueada y puerta deslizable asegurada. (Ver Fig. 70)



**Fig. 70.** Segmento 37 del código. Fuente: Autores.

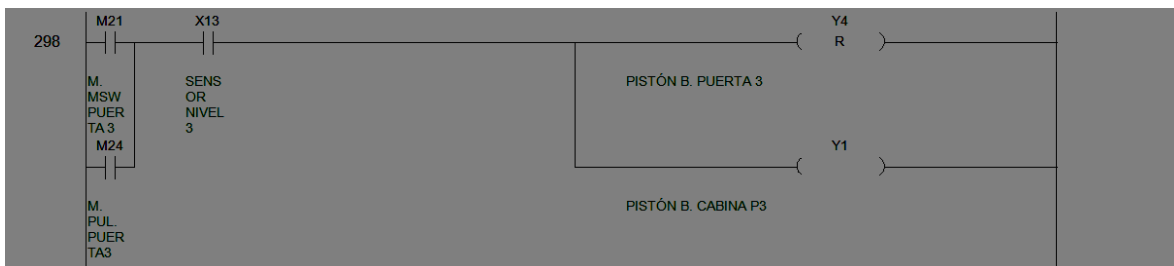
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Segmento 38: Título: Desbloquear puerta 3.**

Comentario: La entrada digital del sensor de nivel 3 (X13) debe estar en contacto. La marca asociada a la acción del pulsador de puerta 3 (M24) desactiva el bloqueo generado por el pistón (Y4) y funciona como un JOG.

Se debe activar además un bloqueo de seguridad para la cabina mediante el pistón de bloqueo cabina P3 (Y1). Y4 y Y1 solo se activan cuando se da la orden mediante el pulsador puerta 3 (X25). Para conseguir tanto el desbloqueo completo de la puerta (Y4) como el bloqueo de la cabina (Y1), es necesario deslizar la puerta lo suficiente hasta que exista contacto con el microswitch de puerta 3 (X22). La marca asociada al microswitch de puerta 3 (M21) suministra la señal para este fin.

Una vez cerrada la puerta, se regresa a las condiciones iniciales, es decir, cabina desbloqueada y puerta deslizable asegurada. (Ver Fig. 71)

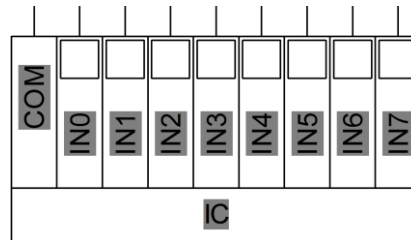


**Fig. 71.** Segmento 38 del código. Fuente: Autores.

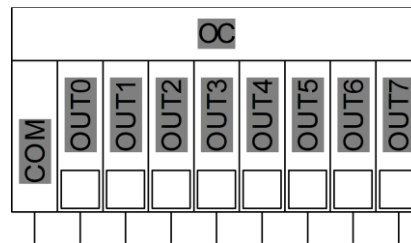
### 3.2.2.3 Planos de conexión al PLC

Por medio del software de diseño y simulación de circuitos eléctricos, Automation Studio, se elaboraron los planos que describen el modo de conexión de cada uno de los componentes del sistema de automatización del elevador al PLC. Cada plano cuenta con una tarjeta API (Application Programming Interface) Interfaz de programación de aplicaciones (Ver Figs. 72 y 73). La Fig. 72 presenta el modo de conexión de los elementos de entrada,

mientras que la Fig. 73 los elementos de salida. Cada componente está nombrado según el tipo y conectado de acuerdo con la etiqueta (borne) que le corresponde en el PLC. Por ejemplo, para el pulsador de paro de emergencia, su tipo es **PE** y el borne de conexión al PLC es **X0**.

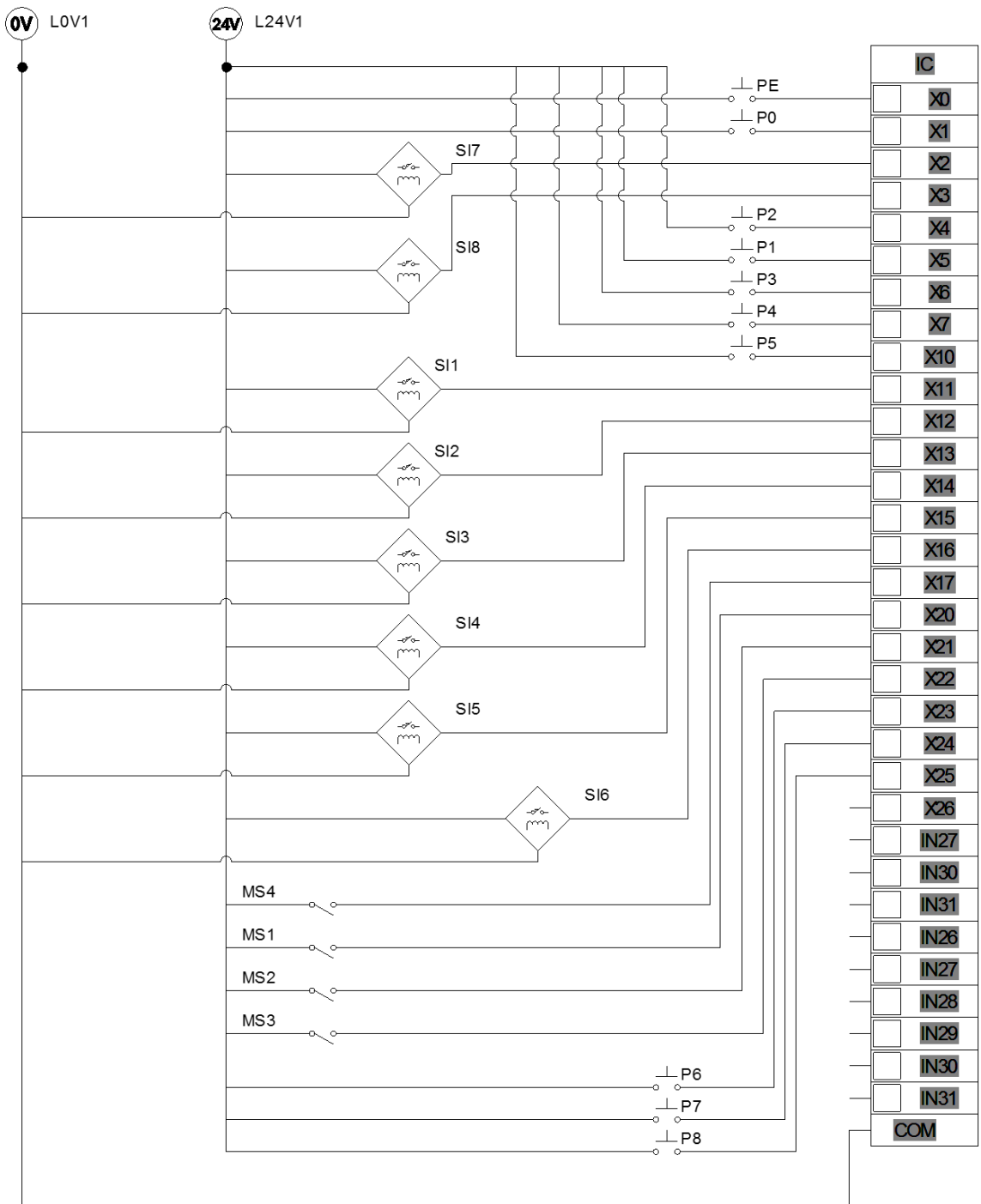


**Fig. 72.** Tarjeta de entradas API. Fuente: Autores.



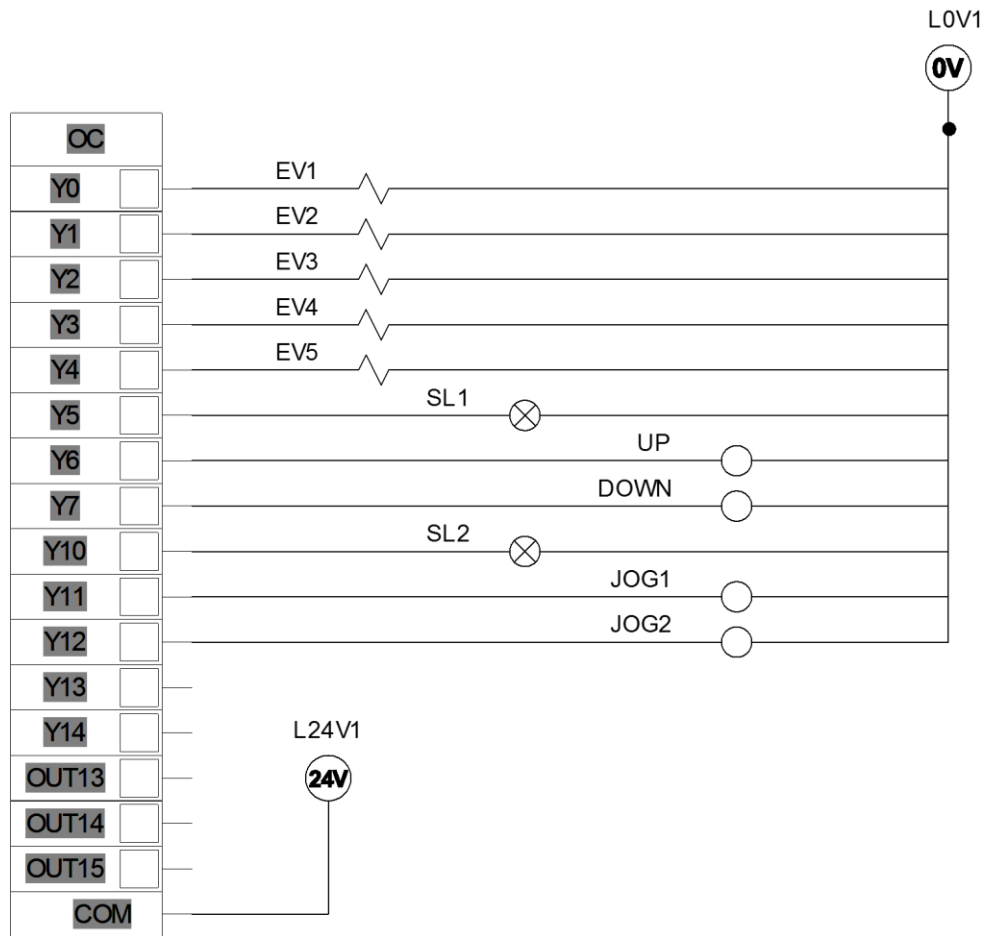
**Fig. 73.** Tarjeta de salidas API. Fuente: Autores.

Las Figs. 74 y 75 presenta los planos de conexión de las entradas y salidas en el PLC respectivamente.



**Fig. 74.** Plano de conexión PLC: Entradas. Fuente: Autores.





**Fig. 75.** Plano de conexión PLC: Salidas. Fuente: Autores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.3 Configuración del Variador de frecuencia LS

El objetivo del uso del variador de frecuencia en el sistema de elevación es en primera instancia proteger la vida útil del motor eléctrico, y por supuesto, conseguir arranques suaves a una velocidad de operación deseada.

Ventajas para tener en cuenta del uso del variador de frecuencia en el sistema de elevación:

- Ahorro de energía
- Reducción de costos operacionales
- Reducción de ruidos
- Garantiza una llegada uniforme, exacta y ligera a cada nivel
- Aumenta el tiempo de disponibilidad del elevador

La Tabla 16 ofrece diferentes series de variadores LS con las referencias de potencia que manejan en  $kW$ , dimensiones del hardware en  $mm$  y peso en  $kg$ . Con estos datos se seleccionó la serie de variador adecuado para una potencia teórica del motor. Debe aclararse que esta potencia puede no coincidir finalmente con la potencia real para el tipo de motor seleccionado. Para más información del motor escogido, véase el capítulo 4 (Diseño del elevador de carga), en la sección 4.3.1 (Cálculo de la potencia del motor y selección del reductor). Sin embargo, independiente de la referencia del variador seleccionado, las configuraciones que se presentan en esta sección del trabajo son válidas para todos los tipos de variadores de la serie iG5A.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Tabla 15.** Placa de datos del motor para una potencia teórica. Fuente: Autores.

<b>SIEMENS</b>	3 ~ MOT 1 LA3 133 - 4 YB70
	Tno 132 M Nr P9574839
	Form Cons B3 IP44 CI Rotor 16
	12 HP CI Aisi B
	220/440      V31,8/15,9A
	Cosφ 0.87                      60 c/s

Cabe aclarar que la placa de datos anterior no corresponde al motor real seleccionado. La potencia teórica solo sirve como ejemplo para mostrar el modo de selección del variador de frecuencia adecuado para la aplicación y su posterior parametrización. Los pasos para la configuración del variador son los mismos para cualquier variador de la serie iG5A, lo único que puede cambiar es el tamaño del mismo según la potencia seleccionada. En el capítulo 4 se detalla cuál fue el motor seleccionado según los cálculos de carga del elevador y se corrige el tamaño del variador de frecuencia seleccionado en este apartado si es necesario.

Haciendo la conversión de *hpa kW*, se obtiene:

$$1hp = 746W(4)$$

$$12hp * 746W = 8952W(5)$$

$$8952 \frac{W * 1kW}{1000W} = 8,952kW \approx 9kW(6)$$

**Tabla 16.** Modelos de variadores de frecuencia LS. Fuente: Manual de usuario iG5A.

Variador	[kW]	W [mm]	W1 [mm]	H [mm]	H1 [mm]	D [mm]	φ	A [mm]	B [mm]	[Kg]
SV004iG5A-1	0,4	70	65,5	128	119	130	4,0	4,5	4,0	0,76
SV008iG5A-1	0,75	100	95,5	128	120	130	4,5	4,5	4,5	1,12
SV015iG5A-1	1,5	140	132	128	120,5	155	4,5	4,5	4,5	1,84
SV004iG5A-2	0,4	70	65,5	128	119	130	4,0	4,5	4,0	0,76

SV008iG5A-2	0,75	70	65,5	128	119	130	4,0	4,5	4,0	0,77
SV015iG5A-2	1,5	100	95,5	128	120	130	4,5	4,5	4,5	1,12
SV022iG5A-2	2,2	140	132	128	120,5	155	4,5	4,5	4,5	1,84
SV037iG5A-2	3,7	140	132	128	120,5	155	4,5	4,5	4,5	1,89
SV040iG5A-2	4,0	140	132	128	120,5	155	4,5	4,5	4,5	1,89
SV055iG5A-2	5,5	180	170	220	210	170	4,5	5,0	4,5	3,66
SV075iG5A-2	7,5	180	170	220	210	170	4,5	5,0	4,5	3,66
SV110iG5A-2	11,0	235	219	320	304	189,5	7,0	8,0	7,0	9,0
SV150iG5A-2	15,0	235	219	320	304	189,5	7,0	8,0	7,0	9,0
SV185iG5A-2	18,5	260	240	410	392	208,5	10,0	10,0	10,0	13,3
SV220iG5A-2	22,0	260	240	410	392	208,5	10,0	10,0	10,0	13,3
SV004iG5A-4	0,4	70	65,5	128	119	130	4,0	4,5	4,0	0,76
SV008iG5A-4	0,75	70	65,5	128	119	130	4,0	4,5	4,0	0,77
SV015iG5A-4	1,5	100	95,5	128	120	130	4,5	4,5	4,5	1,12
SV022iG5A-4	2,2	140	132	128	120,5	155	4,5	4,5	4,5	1,84
SV037iG5A-4	3,7	140	132	128	120,5	155	4,5	4,5	4,5	1,89
SV040iG5A-4	4,0	140	132	128	120,5	155	4,5	4,5	4,5	1,89
SV055iG5A-4	5,5	180	170	220	210	170	4,5	5,0	4,5	3,66
SV075iG5A-4	7,5	180	170	220	210	170	4,5	5,0	4,5	3,66
SV110iG5A-4	11,0	235	219	320	304	189,5	7,0	8,0	7,0	9,00
SV150iG5A-4	15,0	235	219	320	304	189,5	7,0	8,0	7,0	9,00
SV185iG5A-4	18,5	260	240	410	392	208,5	10,0	10,0	10,0	13,3
SV220iG5A-4	22,0	260	240	410	392	208,5	10,0	10,0	10,0	13,3

De este modo se seleccionó el modelo de variador con referencia SV150iG5A-4. En las Figs. 76 y 77 se detallan las dimensiones isométricas y frontales del variador descritas en la Tabla 16.

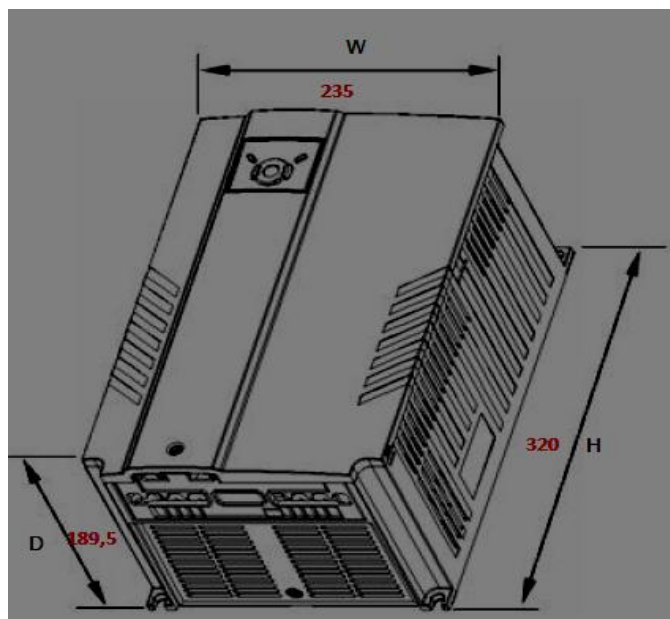


Fig. 76. Dimensiones isométricas del variador. Fuente: Manual de usuario iG5A.

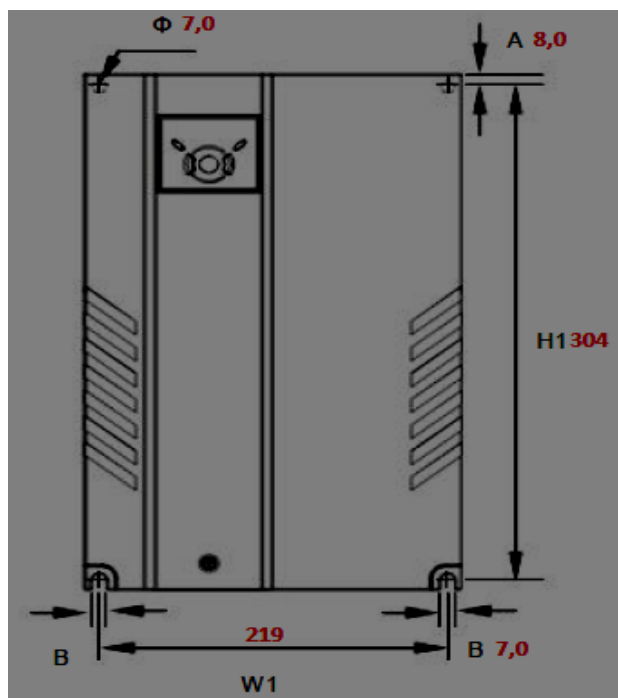
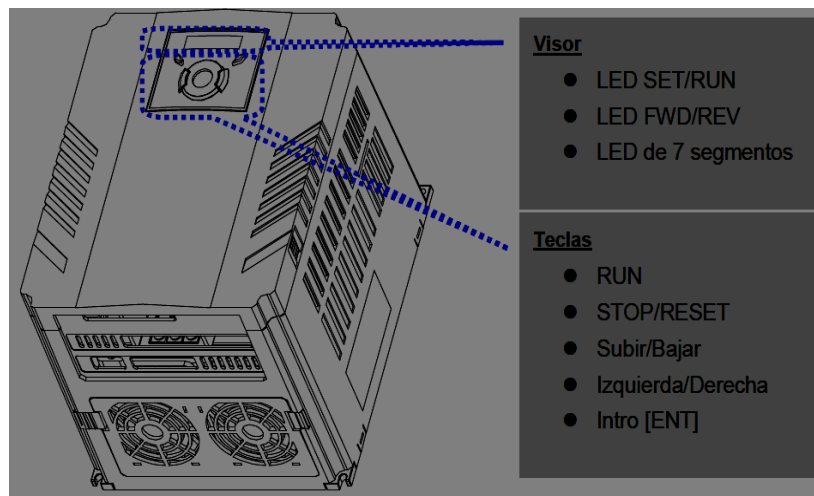


Fig. 77. Dimensiones vista frontal del variador. Fuente: Manual de usuario iG5A.

### 3.3.1 Teclado de programación y operación básica

Antes de iniciar con la parametrización del variador es necesario conocer el manejo y características del teclado. La Fig. 78 indica las diferentes opciones presentes en el *visor* y *teclas* del variador y en las Tablas 17 y 18 se describen su funcionamiento.



**Fig. 78.** Características del teclado. Fuente: Manual de usuario iG5A.

**Tabla 17.** Funciones del Visor. Fuente: Manual de usuario iG5A.

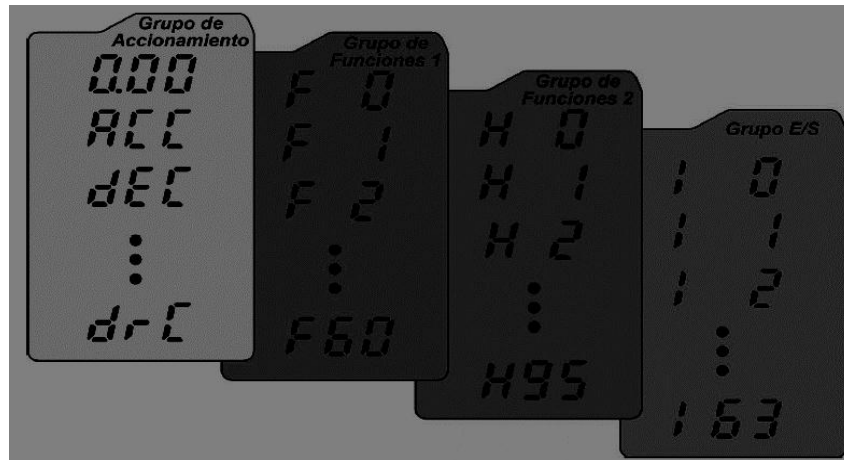
	<b>FWD</b>	Activo durante el avance (Parpadea cuando hay fallo)
	<b>REV</b>	Activo durante el retroceso
<b>VISOR</b>	<b>RUN</b>	Activo durante el funcionamiento
	<b>SET</b>	Activo durante la definición de parámetros
	<b>7 segmentos</b>	Indica el estado de funcionamiento e información de los parámetros

**Tabla 18.** Funciones del teclado. Fuente: Manual de usuario iG5A.

Teclas	RUN	Comando de funcionamiento
	STOP/RESET	STOP: Detener el funcionamiento. RESET: Reponer sistema cuando hay fallo.
	Subir	Desplazarse por los códigos o aumentar el valor de un parámetro.
	Bajar	Desplazarse por los códigos o disminuir el valor de un parámetro.
	Izquierda	Saltar a otro grupo de parámetros o moverse hacia la izquierda para cambiar el valor de un parámetro.
	Derecha	Saltar a otro grupo de parámetros o moverse hacia la derecha para cambiar el valor de un parámetro.
	Intro	Definir el valor de un parámetro o guardar el valor modificado del parámetro.

### 3.3.2 Desplazamiento entre grupos

Existen cuatro grupos de parámetros diferentes en la serie SV-iG5A, tal como se indica en la Fig. 79.



**Fig. 79.** Grupos de parámetros. Fuente: Manual de usuario iG5A.

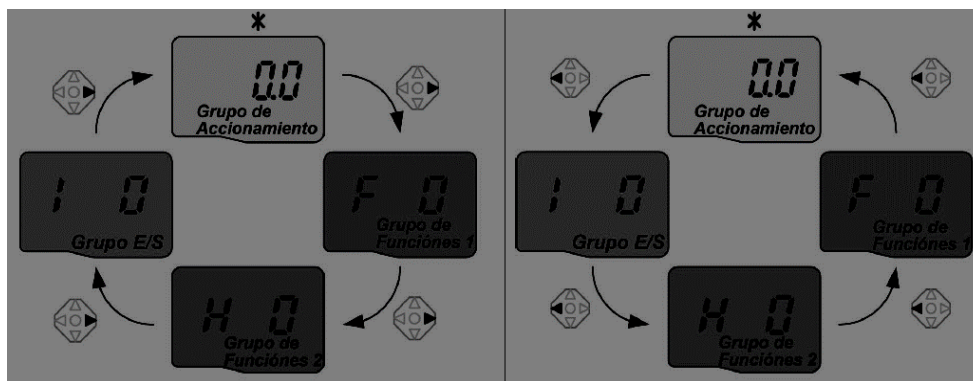
Dentro de la aplicación del sistema de elevación, solo interesa la configuración de los dos primeros grupos: Grupo de accionamiento y Grupo de Funciones 1. En la Tabla 19 se detallan las características de cada grupo de parámetros.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Tabla 19.** Grupos de parámetros. Fuente: Manual de usuario iG5A.

<b>Grupo de accionamiento</b>	Parámetros básicos necesarios para que el variador funcione. Pueden definirse parámetros como la frecuencia de referencia y el tiempo de aceleración/desaceleración.
<b>Grupo de funciones 1</b>	Parámetros de funciones básicas para ajustar la frecuencia y la tensión de salida.
<b>Grupo de funciones 2</b>	Parámetros de funciones avanzadas para definir funciones como PID y la operación de un Segundo motor.
<b>Grupo E/S</b>	Parámetros necesarios para constituir una secuencia usando los bornes de entrada/salida multifunción.

El modo de desplazamiento entre los diferentes grupos de parámetros se realiza mediante las teclas derecha o izquierda del teclado, tal como se indica en la Fig. 80.



**Fig. 80.** Modo de desplazamiento entre grupos. Fuente: Manual de usuario iG5A.

### 3.3.3 Parametrización

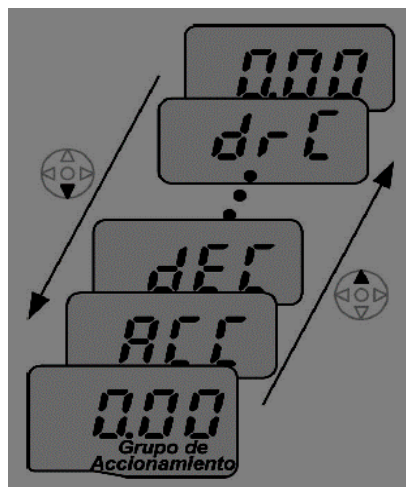
Los únicos parámetros que se tienen en cuenta para la configuración del variador LS en el sistema de elevación son:



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Frecuencia
- Definición del tiempo de aceleración
- Definición del tiempo de desaceleración

Anteriormente se mencionó como se accede a cada grupo de parámetros mediante las teclas derechas o izquierda. Ahora, para cambiar los códigos en un grupo, se procede mediante las teclas arriba o abajo del teclado (Ver Fig. 81).



**Fig. 81.** Cambio de código en un grupo. Fuente: Manual de usuario iG5A.

La Fig. 81 muestra los diferentes códigos disponibles dentro del grupo de accionamiento.



**Fig. 82.** Primer código que se visualiza dentro del grupo de accionamiento. Aquí se ajusta la frecuencia de referencia.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 83.** Segundo código que se visualiza dentro del grupo de accionamiento. Aquí se ajusta el tiempo de aceleración.



**Fig. 84.** Tercer código de que se visualiza dentro del grupo de accionamiento. Aquí se ajusta el tiempo de desaceleración.



**Fig. 85.** Cuarto y último código que visualiza dentro del grupo de accionamiento. Aquí se ajusta la dirección de giro del motor.

### 3.3.3.1 Definición de la frecuencia

Dentro del primer grupo de parámetros: Grupo de accionamiento, se procedió a definir la frecuencia a 40 Hz.



**Fig. 86.** Se pulsa la tecla intro una vez.



**Fig. 87.** Se ilumina el segundo dígito en 0.00. Pulsando la tecla izquierda tres veces se habilita la opción para ingresar valores en decenas.



**Fig. 88.** Se visualiza **00.00** y el primer **0** está encendido. Pulsando la tecla hasta ajustar el valor de la frecuencia en **40.00**

### 3.3.3.2 Definición del tiempo de aceleración

Dentro del primer grupo de parámetros: Grupo de accionamiento, se procedió a definir el tiempo de aceleración en 10 s. Con esta rampa de aceleración es suficiente para conseguir un arranque suave del motorreductor y evitar movimientos bruscos dentro de la cabina del elevador.



**Fig. 89.** Estando en el primer código del grupo de accionamiento se pulsa la tecla una vez para ir al segundo código.



**Fig. 90.** Se visualiza ACC (Tiempo de aceleración). Pulsando la tecla intro una vez se habilita la opción de edición del código.



**Fig. 91.** El valor por defecto es 5.0 y el cursor está en el dígito **0**. Pulsando la tecla una vez se desplaza el cursor a la izquierda.



**Fig. 92.** Se activa el dígito **5**. Pulsando la tecla hasta ajustar el valor del tiempo de aceleración en **10**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.3.3.3 Definición del tiempo de desaceleración

Dentro del primer grupo de parámetros: Grupo de accionamiento, se procedió a definir el tiempo de desaceleración en 10 s. Con esta rampa de desaceleración es suficiente para conseguir una parada suave del motorreductor y evitar movimientos bruscos dentro de la cabina del elevador.



**Fig. 93.** Estando en el primer código del grupo de accionamiento se pulsa la tecla **0** dos veces para ir al tercer código.



**Fig. 94.** Se visualiza dEC (Tiempo de desaceleración). Pulsando la tecla **intro** una vez se habilita la opción de edición del código.



**Fig. 95.** El valor por defecto es 5.0 y el cursor está en el dígito **0**. Pulsando la tecla **←** una vez se desplaza el cursor a la izquierda.



**Fig. 96.** Se activa el dígito **5**. Pulsando la tecla **→** hasta ajustar el valor del tiempo de desaceleración en **10**.

Aquí finaliza todo lo relacionado a la automatización del sistema de elevación en la compañía Industrias Estra. En la próxima sección se desarrolla el diseño de elevación según las referencias y condiciones de estructura para este tipo de sistema.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4 DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

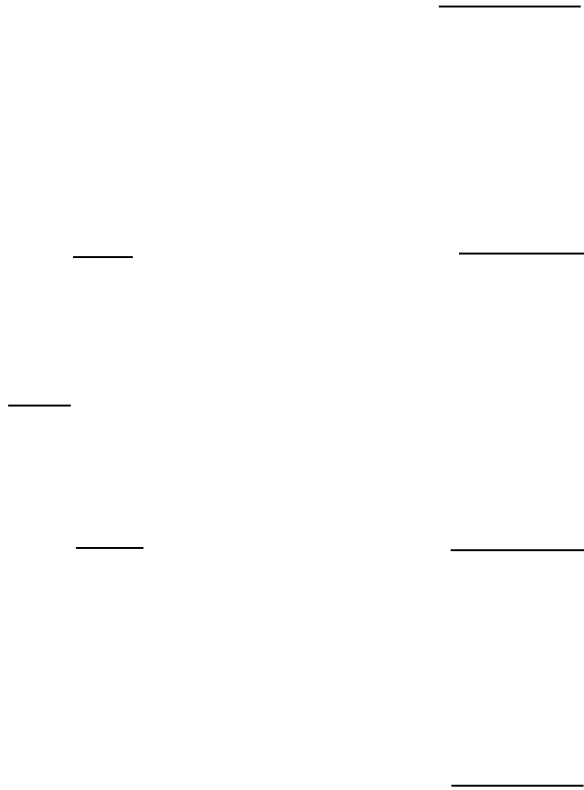
---

El presente capítulo se dividió en dos secciones que conforman el cuerpo de diseño del sistema de elevación. La primera corresponde al diseño de los principales componentes del elevador mediante el software Creo PTC descrito en el marco teórico. El diseño se realizó con el objeto de presentar los planos con las mediciones reales de cada pieza y la representación fotorrealista de la misma (renderizado). Del mismo modo se puso especial énfasis en referenciar el tipo de material utilizado. La segunda sección comienza con los cálculos necesarios para seleccionar la potencia y tipo de motor eléctrico adecuado para la aplicación. Luego, se presentan los cálculos, algunos por tablas, del cable de elevación, diámetro del tambor, diámetros de las poleas tractoras y selección del contrapeso.

### 4.1 Diseño del elevador

El diseño del elevador de carga se ha propuesto en varias etapas. En la Fig. 97 se explica el procedimiento realizado en cada etapa

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 97.** Descripción de las etapas de Diseño.

#### 4.1.1 Caja Negra

Con la caja negra se consigue una representación sencilla del funcionamiento del elevador. En ella, se muestran las flechas de entrada y salida del sistema, en cuyo eje se halla la función principal del elevador. Tanto las flechas de entrada como las de salida son continuamente realimentados mediante el sistema de control automático.

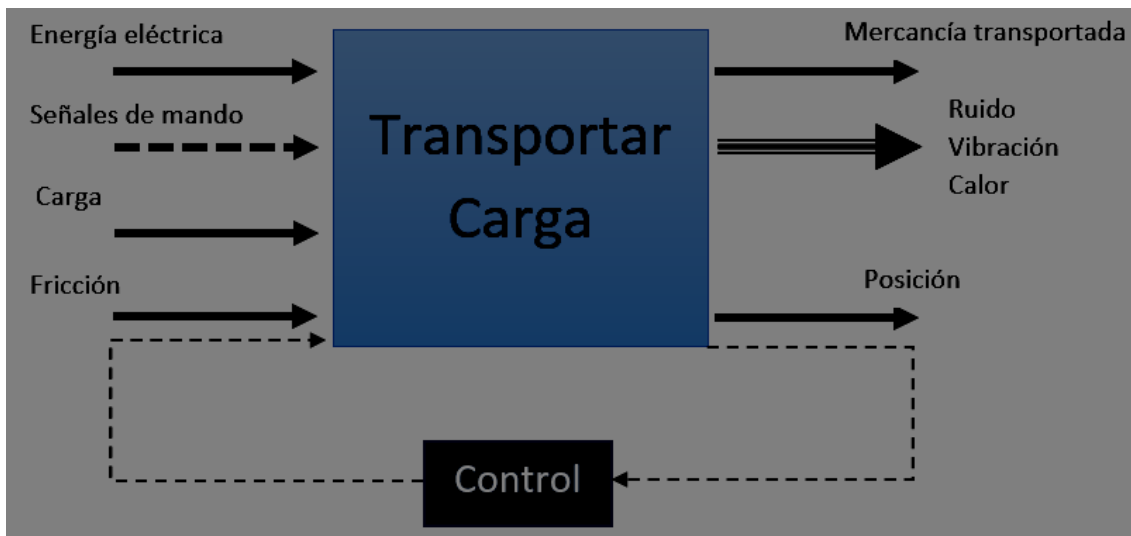
- **Flechas de entrada:** Señales de mando, energía eléctrica, carga, fricción.
- **Flechas de salida:** Carga transportada, posición, ruido, vibración, calor.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Función principal:** Transportar carga.
- **Flecha principal:** Carga.

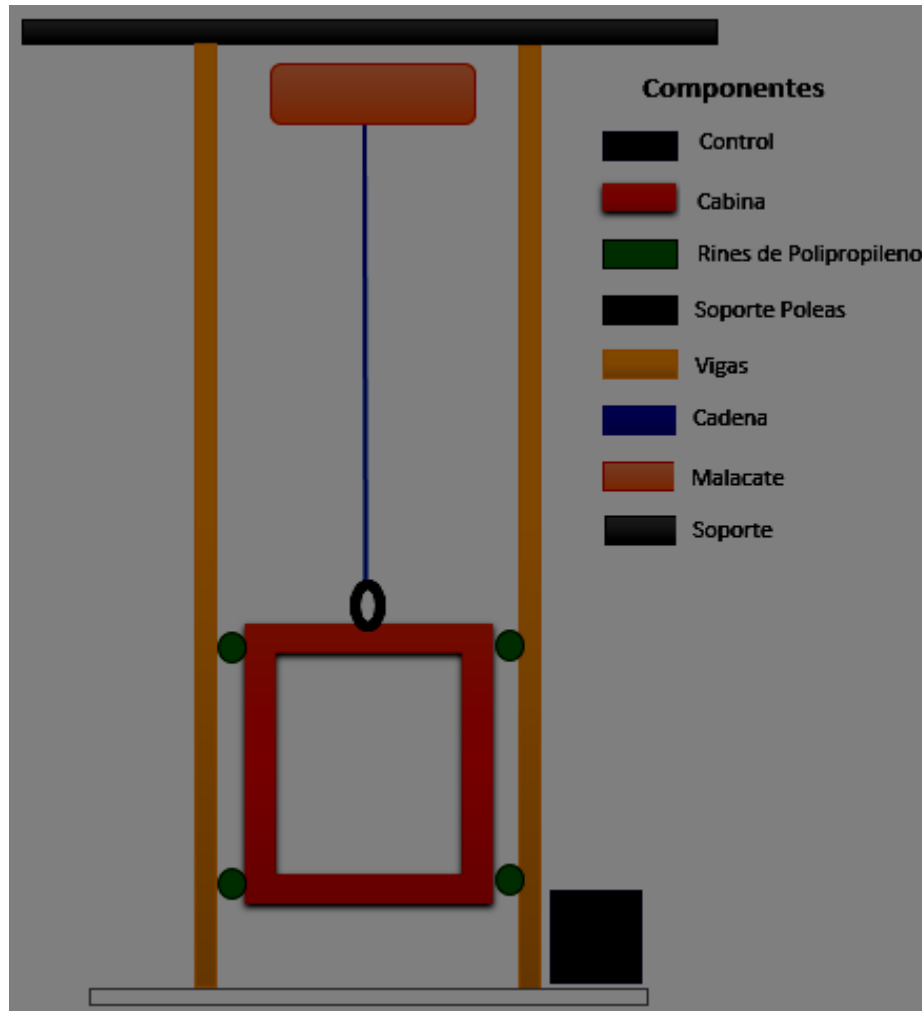
En un estudio análogo, García y Uribe (2006), representan estas flechas por medio de flujos constantes que interactúan con el centro o eje principal del sistema.

La Fig. 98 muestra los flujos de entrada y salida determinados por la caja negra.



**Fig. 98.** Caja Negra. Fuente: Autores.

La aproximación estructural (Ver Fig. 99) es un modelo idealizado que facilita una mejor comprensión del sistema a diseñar.

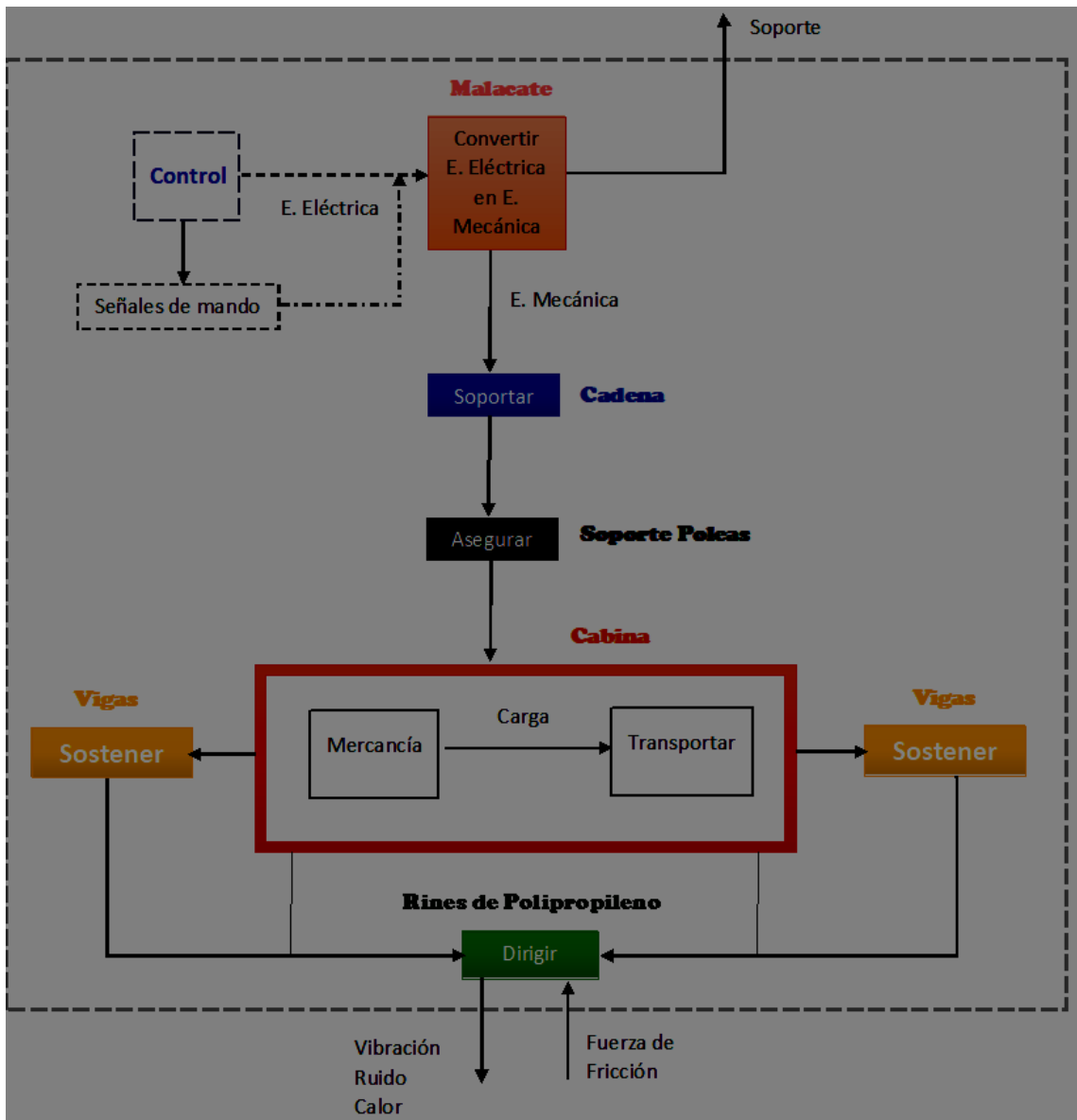


**Fig. 99.** Aproximación estructural del elevador. Fuente: Autores.

#### 4.1.2 Caja Transparente

La caja transparente (Ver Fig. 100), es una representación interna del funcionamiento del sistema; a diferencia de la caja negra, la caja transparente relaciona cada función (componentes de la Fig. 99) a una función secundaria. Estas relaciones permiten comprender cómo se lleva la transformación de las flechas de entrada en las salidas.





**Fig. 100.** Caja Transparente. Fuente: Autores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4.2 Diseño en Creo Parametric

Mediante el software de diseño, fabricación e ingeniería asistida por computadora Creo Parametric (Ver Fig. 101), se realizó toda la modelación del elevador de carga. Con esta herramienta se logró diseñar y representar el 70% de la estructura total del elevador, junto con aquellas piezas que se comercializan de forma estándar como vigas, poleas, chumaceras, entre otras.



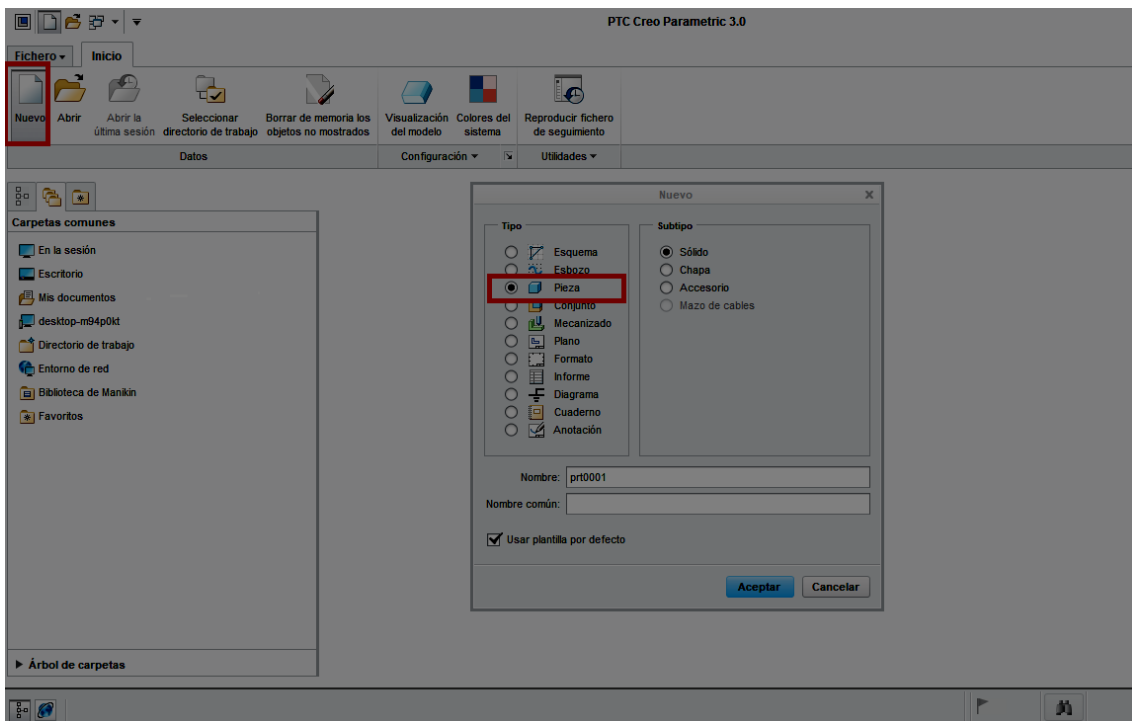
**Fig. 101.** Programa CAD de Creo Parametric. Fuente: <http://www.softcracks.us/soft-cracks/ptc-creo-3-0-crack/>

Este diseño tiene como objetivo presentar los planos con las mediciones reales del elevador dispuesto en la compañía. Esto facilitará en el futuro, en caso de requerirlo, el cambio

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

correcto de cualquier pieza. A parte de los planos, se presentan las imágenes renderizadas (fotorrealista) de cada pieza para ayudar al encargado del inventario a identificar mejor la pieza que necesita ser reparada o reemplazada.

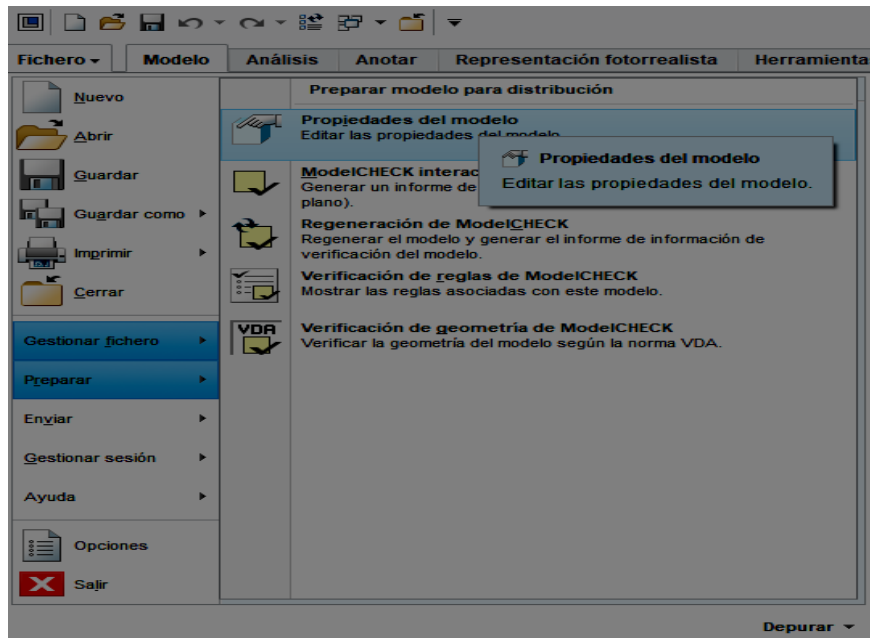
A continuación, se presentan los pasos que se siguieron para la creación de un nuevo proyecto. En la opción ‘Nuevo’ de la Fig. 102 se procede a escoger el tipo de tarea a realizar, en este caso, se desea la creación de una ‘Pieza’.



**Fig. 102.** Creación de nuevo proyecto. Fuente: Autores

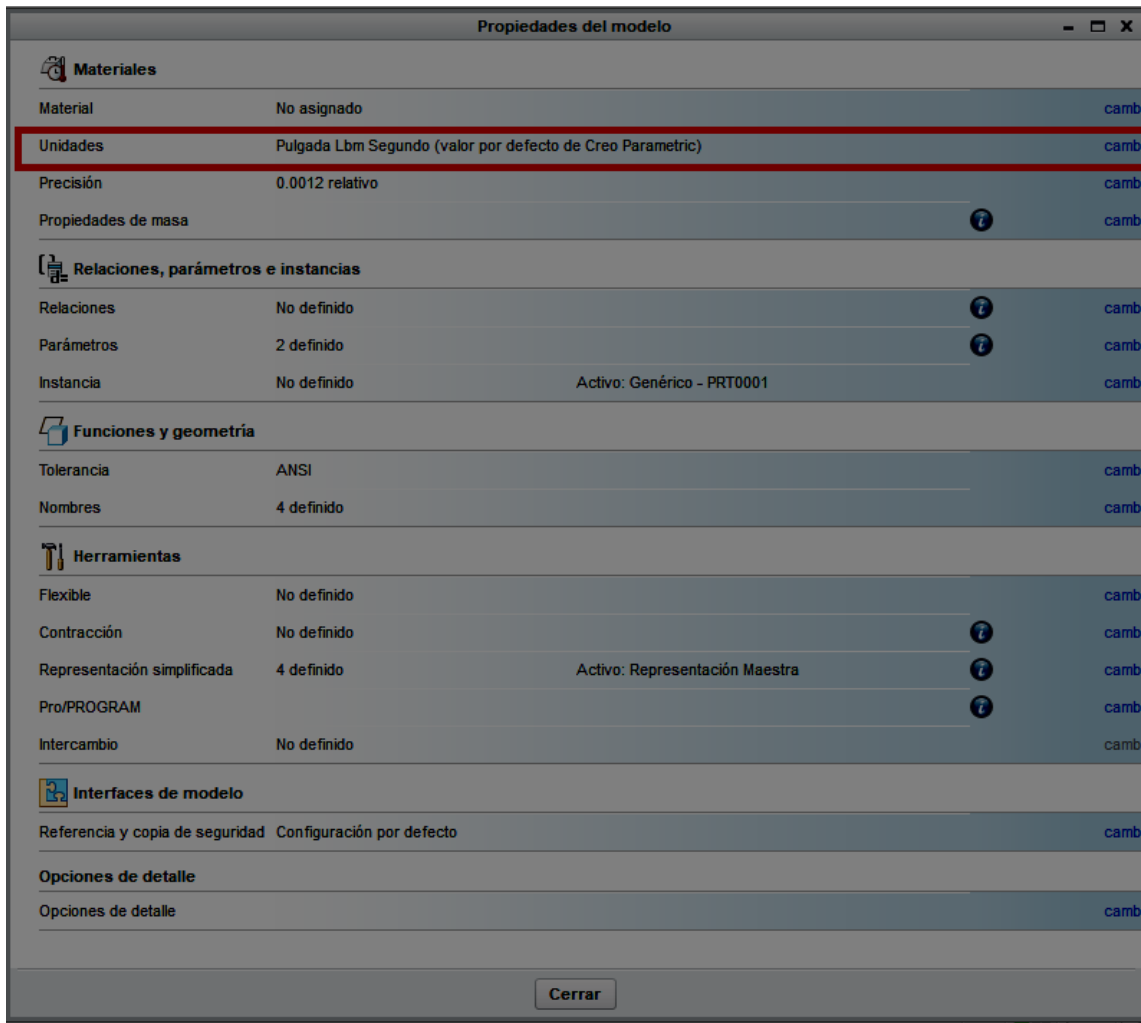
El siguiente paso es escoger el tipo de medidas en las que se desea trabajar: *pulg, mm, cmom*. Para esto, en la opción ‘Fichero’ y luego en ‘Preparar’ se configura las unidades de la pieza. (Ver Fig. 103).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



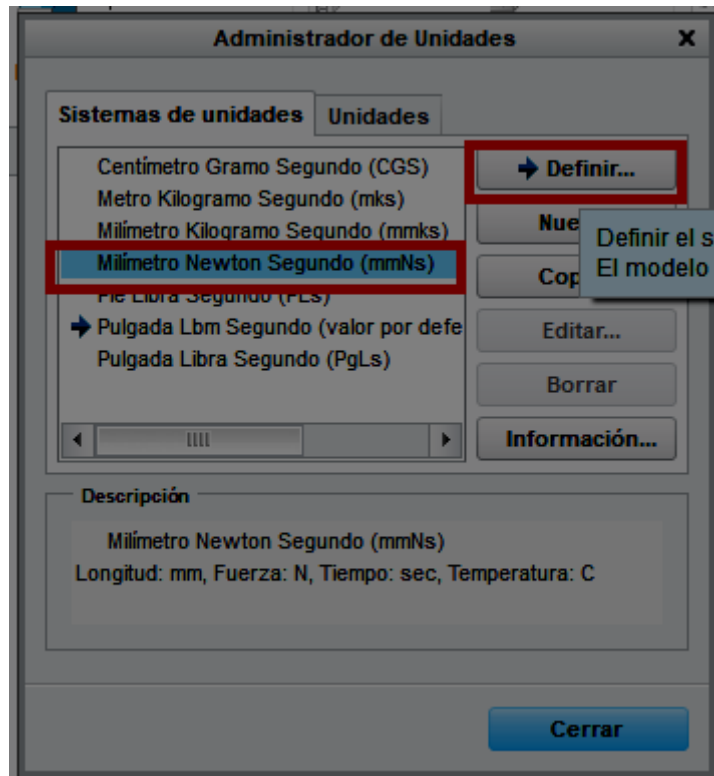
**Fig. 103.** Propiedades del modelo. Fuente: Autores

En 'Propiedades del modelo', se selecciona 'Unidades' mediante la opción 'Cambiar'. (Ver Fig. 104).



**Fig. 104.** Cambiar unidades del modelo. Fuente: Autores

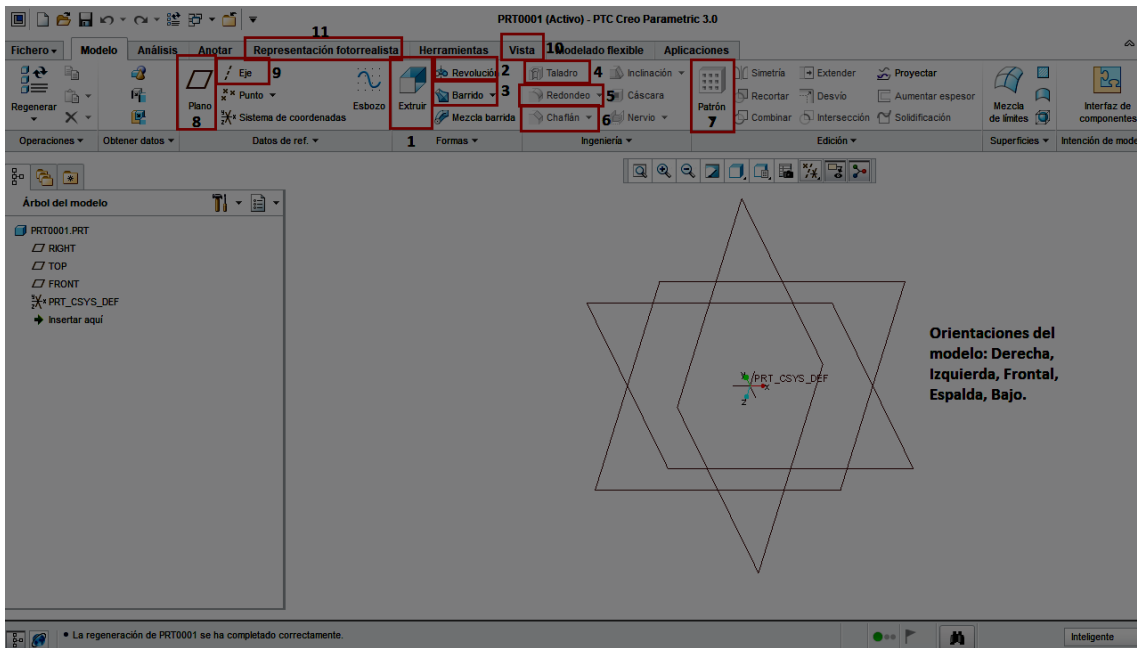
Ahora, se selecciona el tipo de unidades que se desea trabajar. (Ver Fig. 105). En este caso, se ha seleccionado la opción 'Milímetro Newton Segundo (*mmNs*).



**Fig. 105.** Definición de las unidades del modelo. Fuente: Autores

Finalmente, se procede a realizar el diseño de la pieza. Sin embargo, no es el objetivo de este proyecto presentar paso a paso las tareas y funciones ejecutadas para la creación de cada pieza, sino ofrecer los planos finales a partir de cada modelo, no obstante, en la Fig. 106 se proponen las herramientas más utilizadas en la creación de cada esbozo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

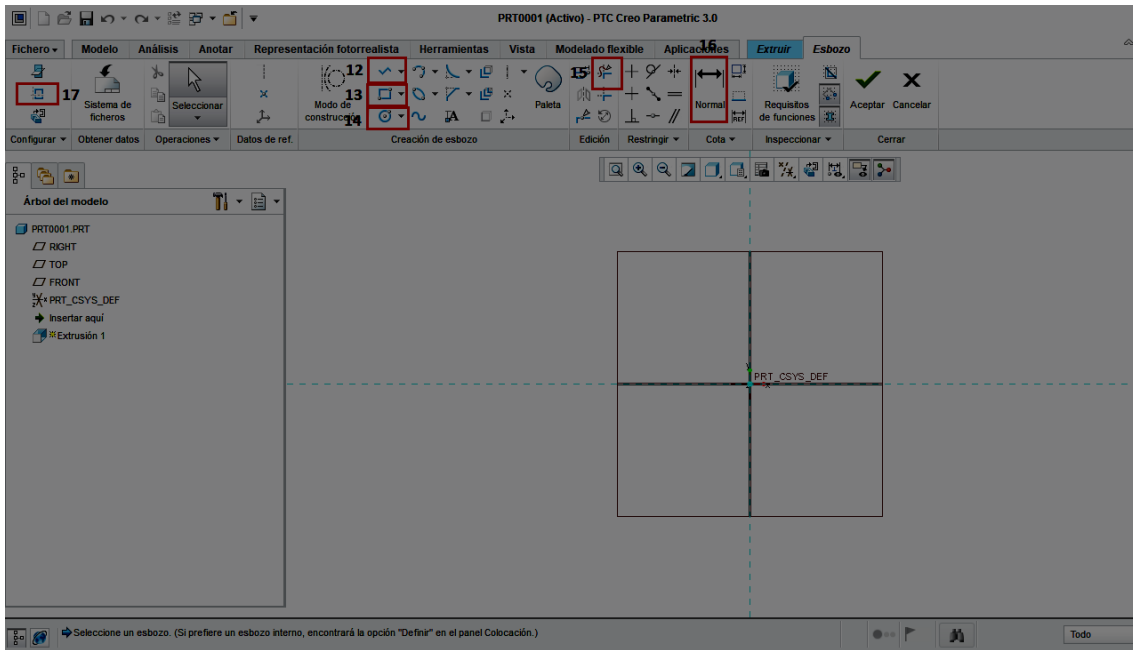


**Fig. 106.** Herramientas estándar en el diseño. Fuente: Autores

- 1- **Extruir.** Función que permite dar volumen a un área de esbozo.
- 2- **Revolución.** Revolucionar un eje de un esbozo para crear esferas, semi-esferas, argollas, etc.
- 3- **Barrido.** Función de barrido. Óptima para crear tornillos.
- 4- **Taladro.** Crear una perforación de taladro en un área con medidas estándar.
- 5- **Redondeo.** Función para redondear aristas.
- 6- **Chafilán.** Crear chaflanes de aristas y chaflanes de superficie.
- 7- **Patrón.** Crear un patrón a partir de un modelo definido. Por ejemplo, de una perforación crear miles de perforaciones distribuidas uniformemente en un área.
- 8- **Plano.** Crear un plano de referencia en la pieza.
- 9- **Eje.** Definir un eje de referencia en la pieza.
- 10- **Vista.** Definir color y tipo de material para la pieza.
- 11- **Representación fotorrealista.** Definir los parámetros de renderizado para la pieza.

En la Fig. 107 se presentan otras herramientas utilizadas en el diseño.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 107.** Otras herramientas de diseño. Fuente: Autores

- 12- **Cadena de líneas.** Crear una cadena de líneas de dos puntos.
- 13- **Rectángulo.** Crear un rectángulo de esquina, central, inclinado o un paralelogramo.
- 14- **Círculo.** Crear un círculo centro y punto, concéntrico, de 3 puntos o tangente a 3 entidades.
- 15- **Borrar segmento.** Recortar entidades de sección dinámicamente.
- 16- **Normal.** Crear cotas que hagan referencia a entidades de referencia o esbozadas.
- 17- **Referencias.** Especificar referencias respecto a las cuales se acotará y restringirá la sección.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

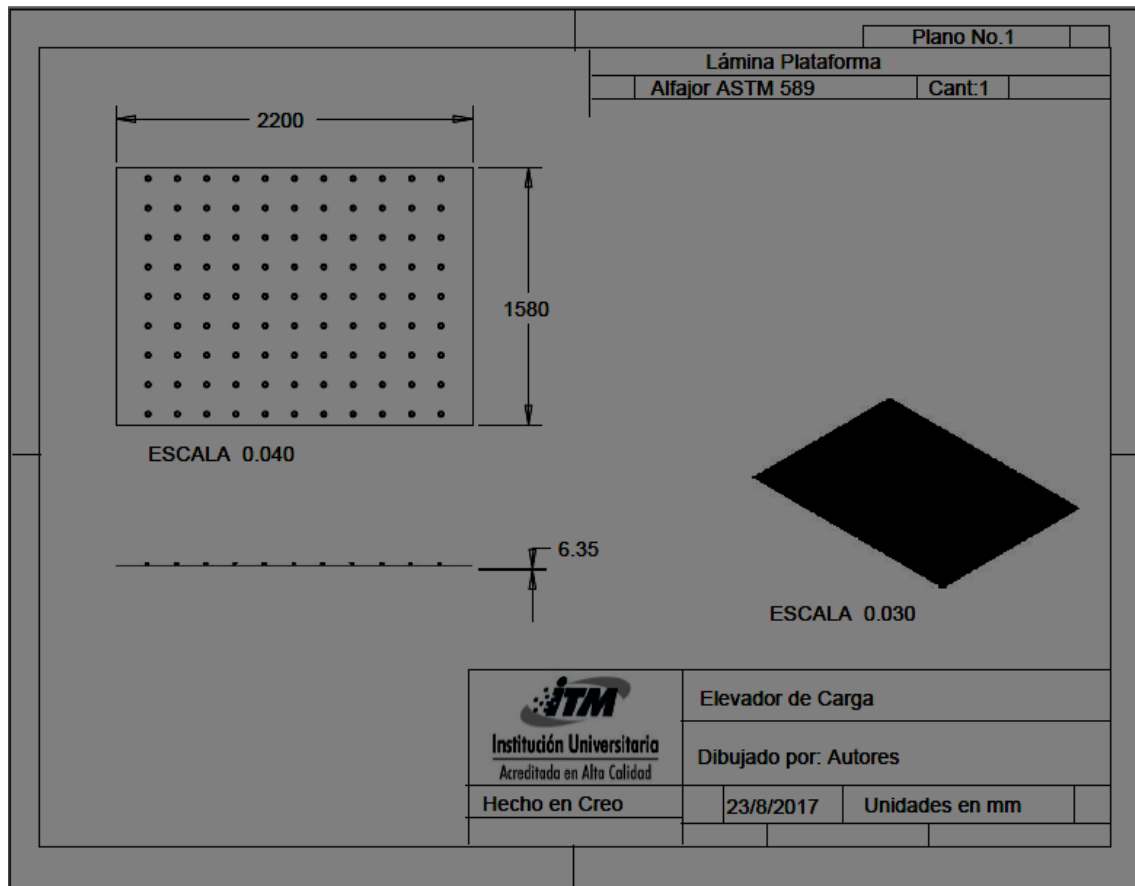
#### **4.2.1 Planos y Renderizados**

En esta sección se presentan los planos de cada pieza del elevador junto con una imagen renderizada (fotorrealista) de la misma. Se ha procurado comenzar desde la base de la cabina e ir ascendiendo hasta los elementos finales como son las poleas superiores.

##### **Plano 1: Plataforma Cabina.**

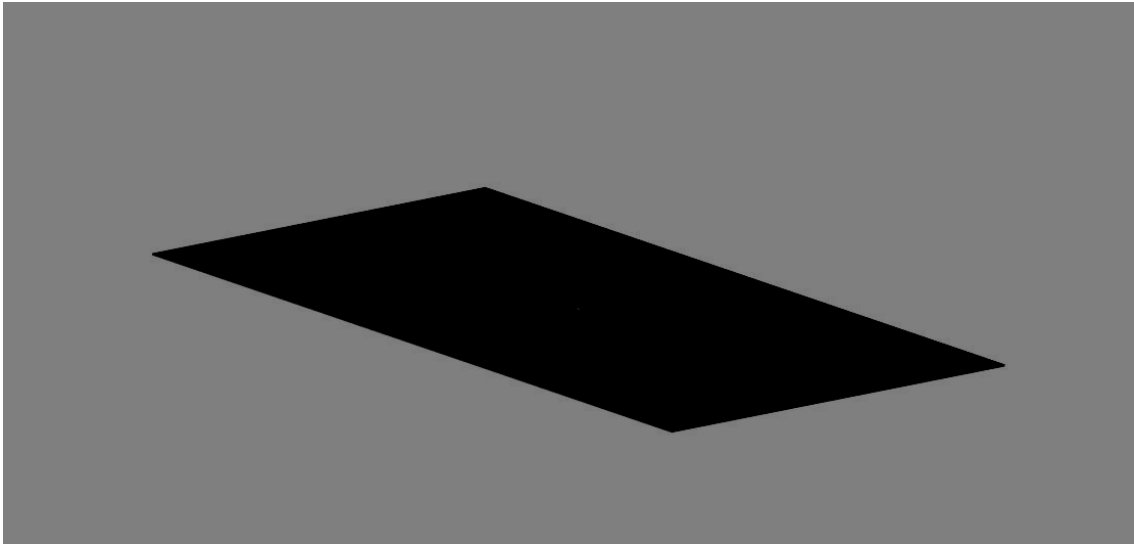
La Fig. 108 corresponde a la plancha laminada de la plataforma. El material utilizado es un tipo de aleación de acero según la norma ASTM A589, que rige las condiciones para este tipo de material utilizado ampliamente en la industria. Por motivos de seguridad, la lámina es antideslizante en su cara superior, para evitar que las mercancías patinen durante el recorrido. En la Fig. 109 se ofrece el renderizado de la misma pieza.

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 108.** Plano No.1: Plataforma Cabina. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

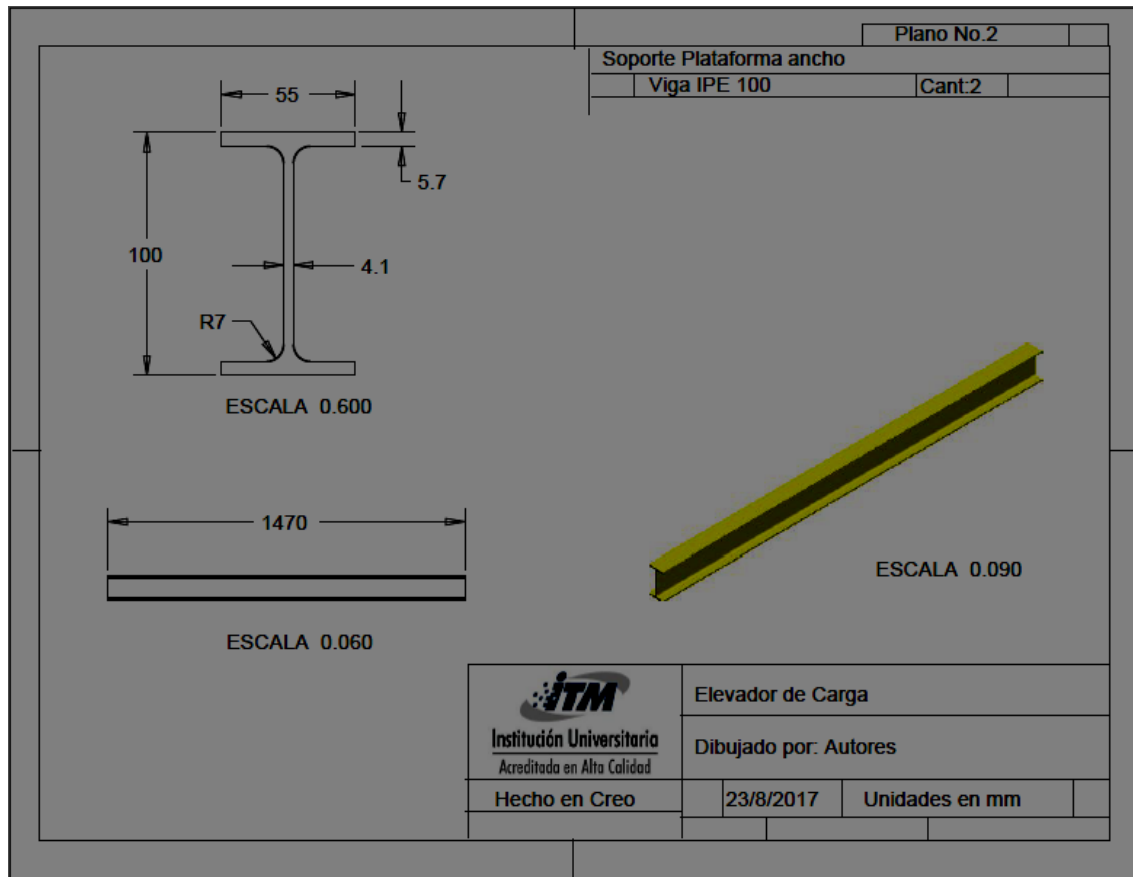


**Fig. 109.** Imagen renderizada: Plataforma Cabina. Fuente: Autores.

### **Plano 2: Soporte Plataforma Ancho.**

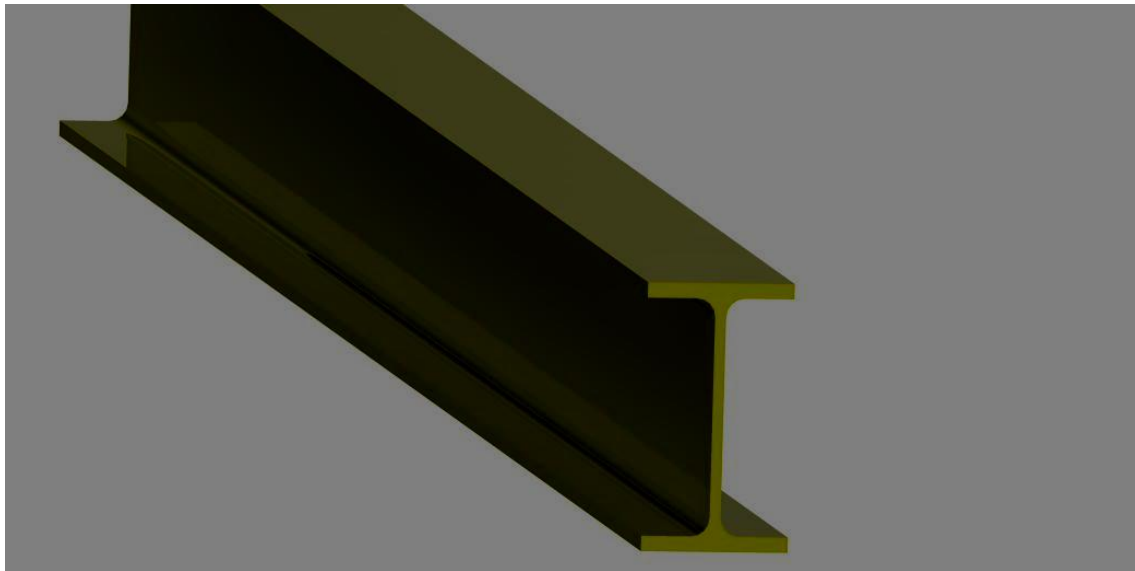
La plataforma de la cabina viene asegurada con una serie de soportes o vigas de perfil IPE 100. Son vigas laminadas de sección 'I'. Este tipo de perfiles son ideales para refuerzos estructurales y soportes. Las Figs. 110 y 111 corresponden a estos perfiles utilizados para soportar la plataforma de la cabina. En las Figs. 112 y 113 se aprecia sus respectivos renderizados.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

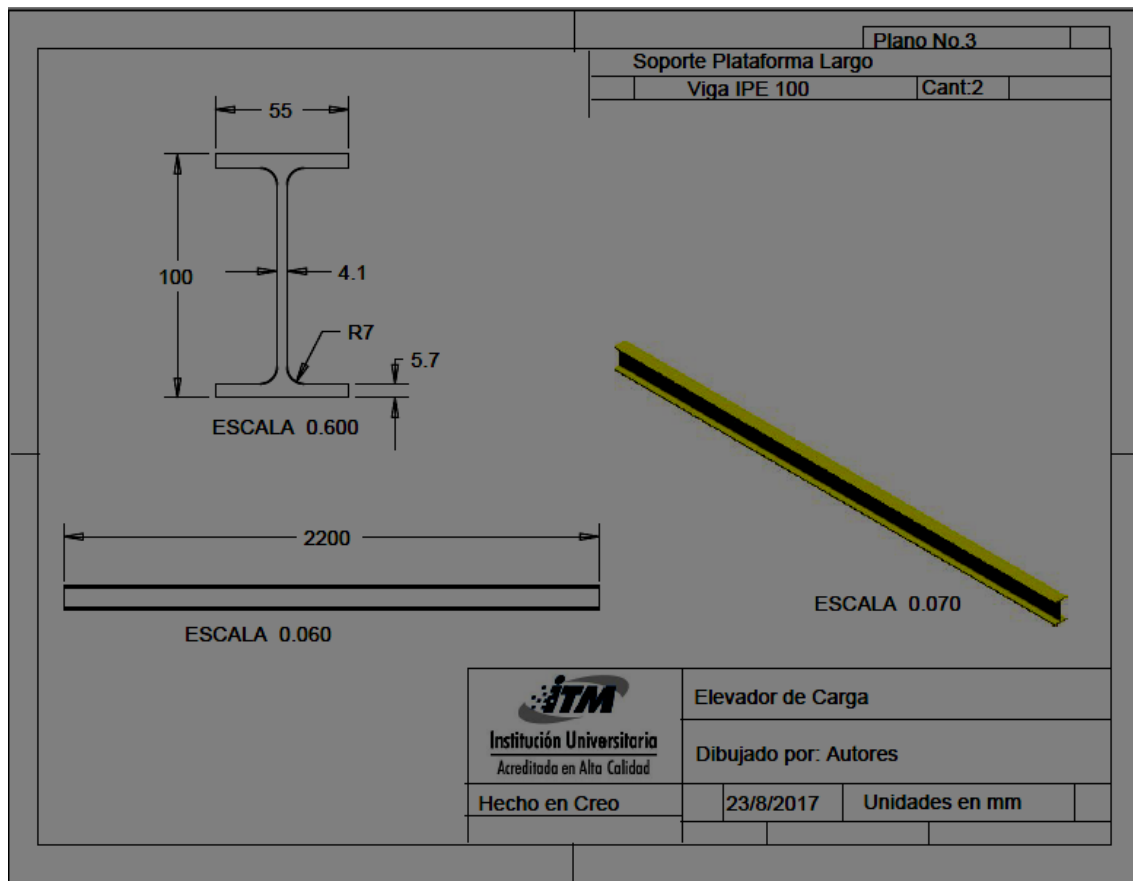


**Fig. 110.** Plano No.2: Soporte Plataforma Ancho. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

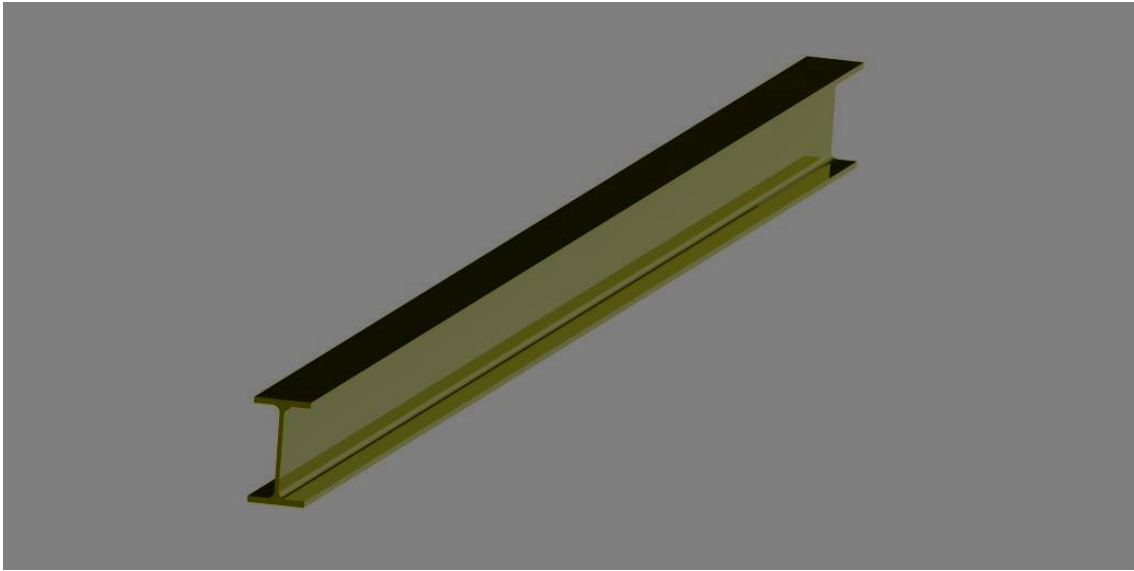


**Fig. 111.** Imagen renderizada: Soporte Plataforma Ancho. Fuente: Autores.



**Fig. 112.** Plano No.3: Soporte Plataforma Largo. Fuente: Autores.

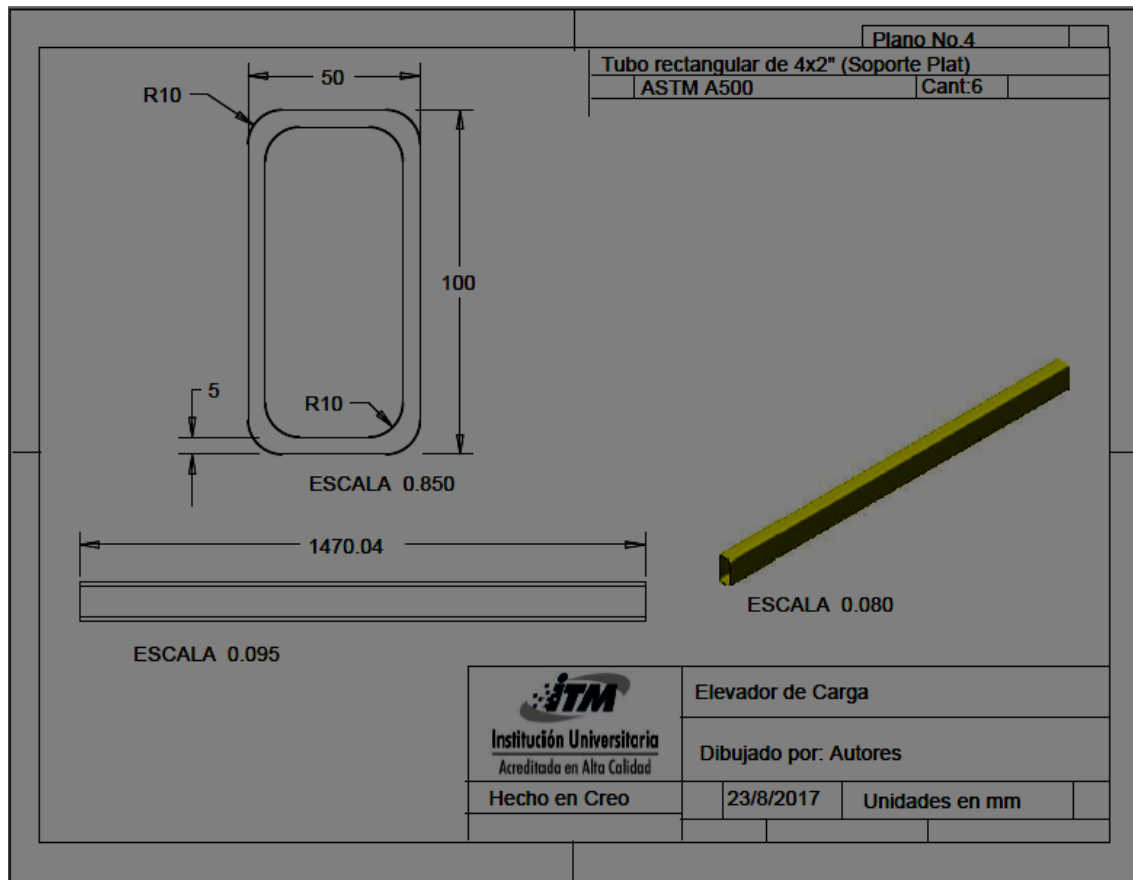
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 113.** Imagen renderizada: Soporte Plataforma Largo. Fuente: Autores.

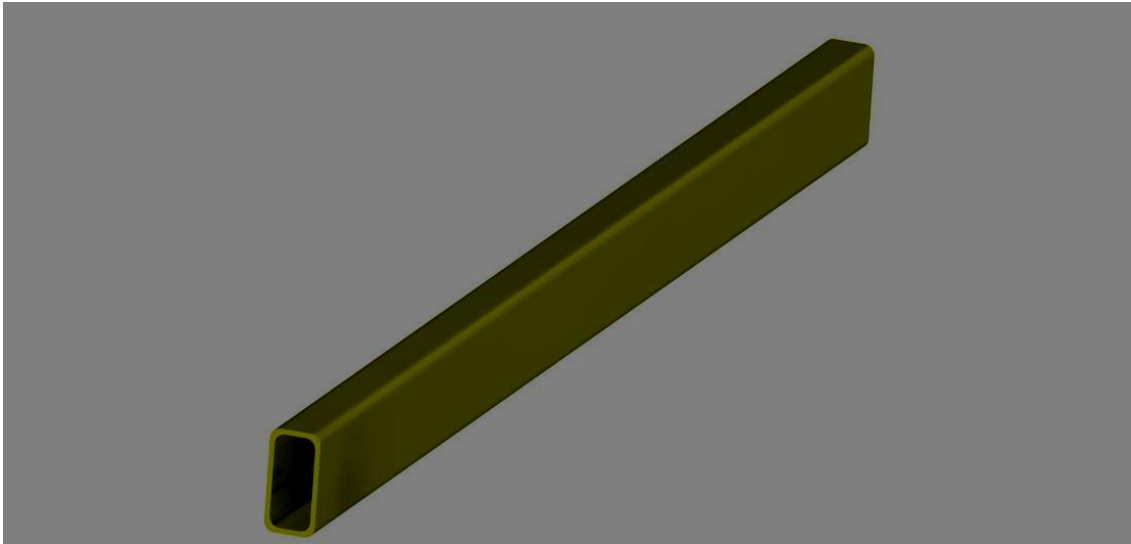
#### **Plano 4: Tubo rectangular de 4x2"**

Se dispusieron de 6 tubos rectangulares ASTM A500 (Ver presentación fotorrealista en la Fig. 115) a lo largo de la plataforma. Esta distribución tubular junto con los perfiles IPE100 forman la estructura en la que se ejerce el mayor peso del elevador (carga de cabina y carga de elevación). La Fig. 114 presenta las cotas de las medidas ofrecidas por la compañía colombiana COLMENA.



**Fig. 114.** Plano No.4: Tubo rectangular para Plataforma. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

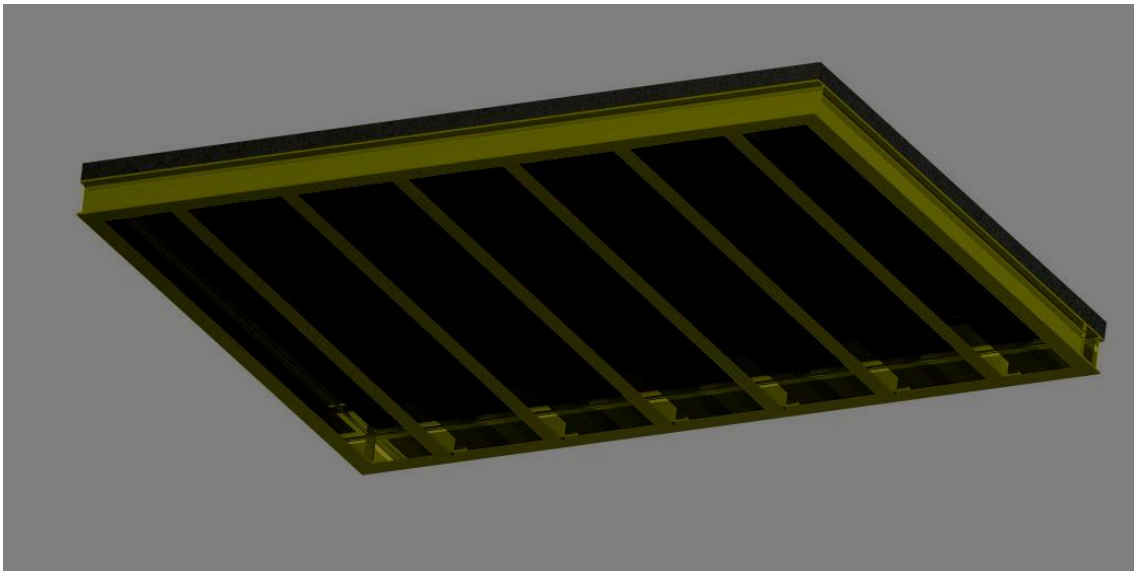


**Fig. 115.** Imagen renderizada: Tubo rectangular para Plataforma. Fuente: Autores.

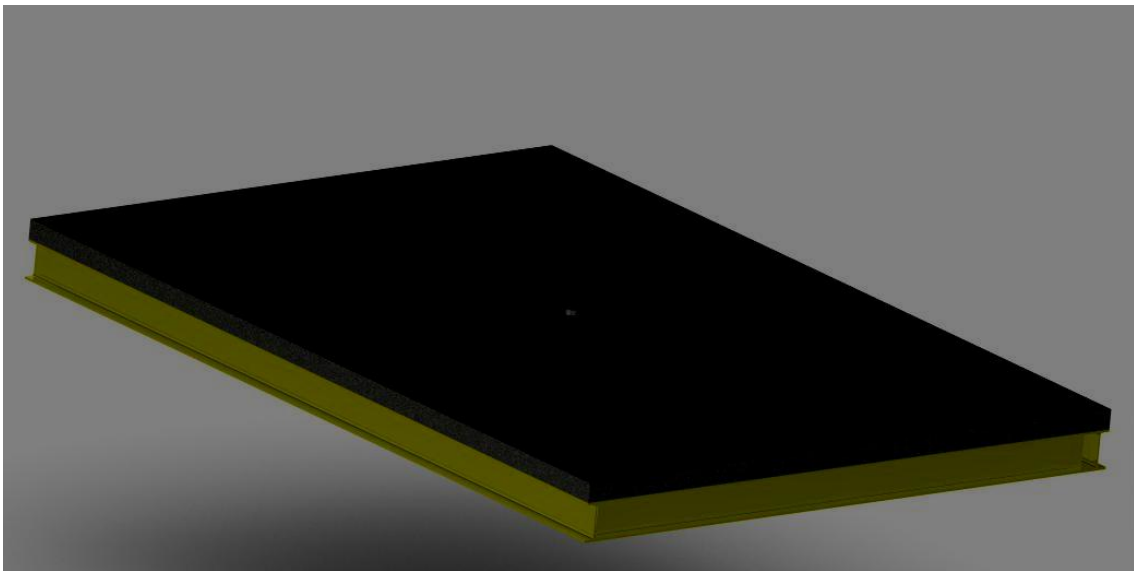
Las Figs. 116 y 117 se realizaron mediante la opción ‘Conjunto’ o ‘Ensamble’ en el software de diseño. Consisten en el conjunto plataforma-vigas-tubo rectangular. Como se aprecia en la Fig. 116, las vigas de perfil IPE 100 se dispusieron en todo el perímetro interno de la plataforma, mientras que los tubos rectangulares van a lo largo de la misma. Esta disposición debe garantizar una distribución uniforme de fuerzas debidas a las mercancías a transportar y del resto de la estructura del elevador.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 116.** Imagen renderizada: Ensamble soporte Plataforma con Vigas IPE 100 y tubos rectangulares. Fuente: Autores.

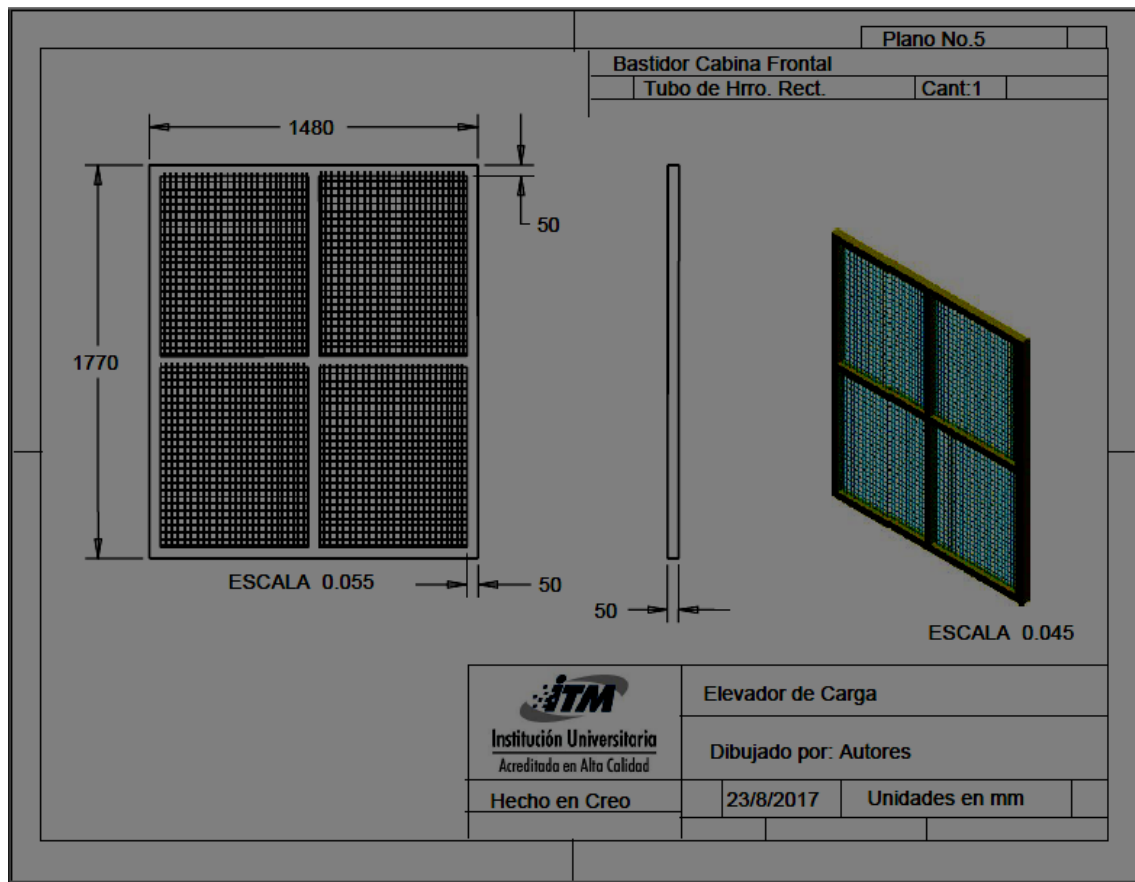


**Fig. 117.** Imagen renderizada: Ensamble soporte Plataforma con Vigas IPE 100 y tubos rectangulares. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

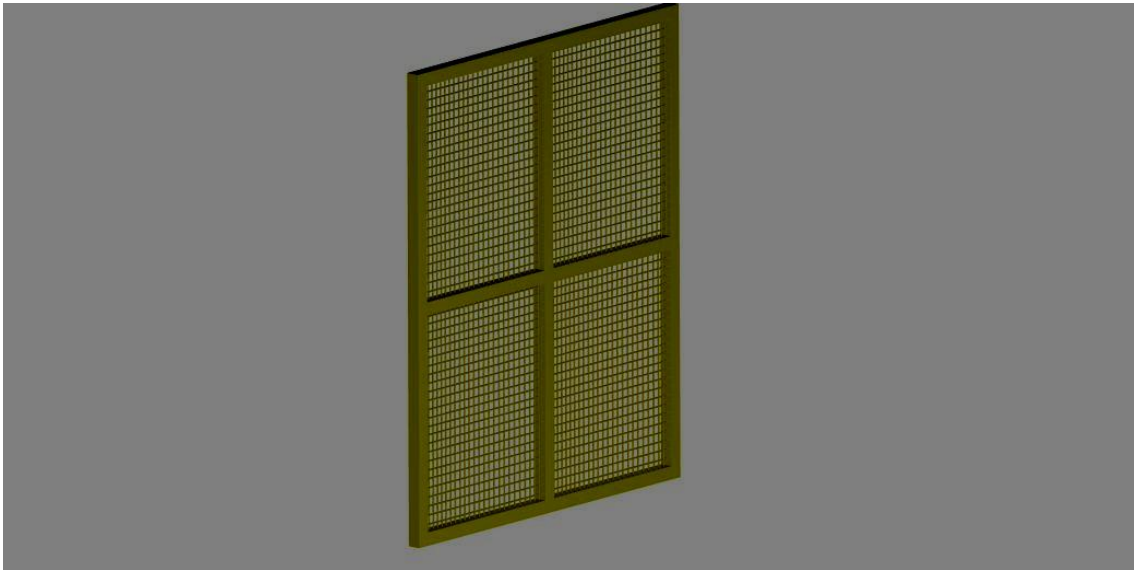
**Plano 5: Bastidor Cabina Frontal.**

Todo el cuerpo de la cabina del elevador consiste en un armazón compuesto de varios bastidores de tubos de hierro rectangular. Cada bastidor viene asegurado con malla extendida. En las Figs. 118, 120 y 122 se ofrecen las medidas de los bastidores frontal, lateral y superior que conforman todo el armazón del elevador; mientras en las Figs. 119, 121 y 123 se hallan los renderizados de las mismas.

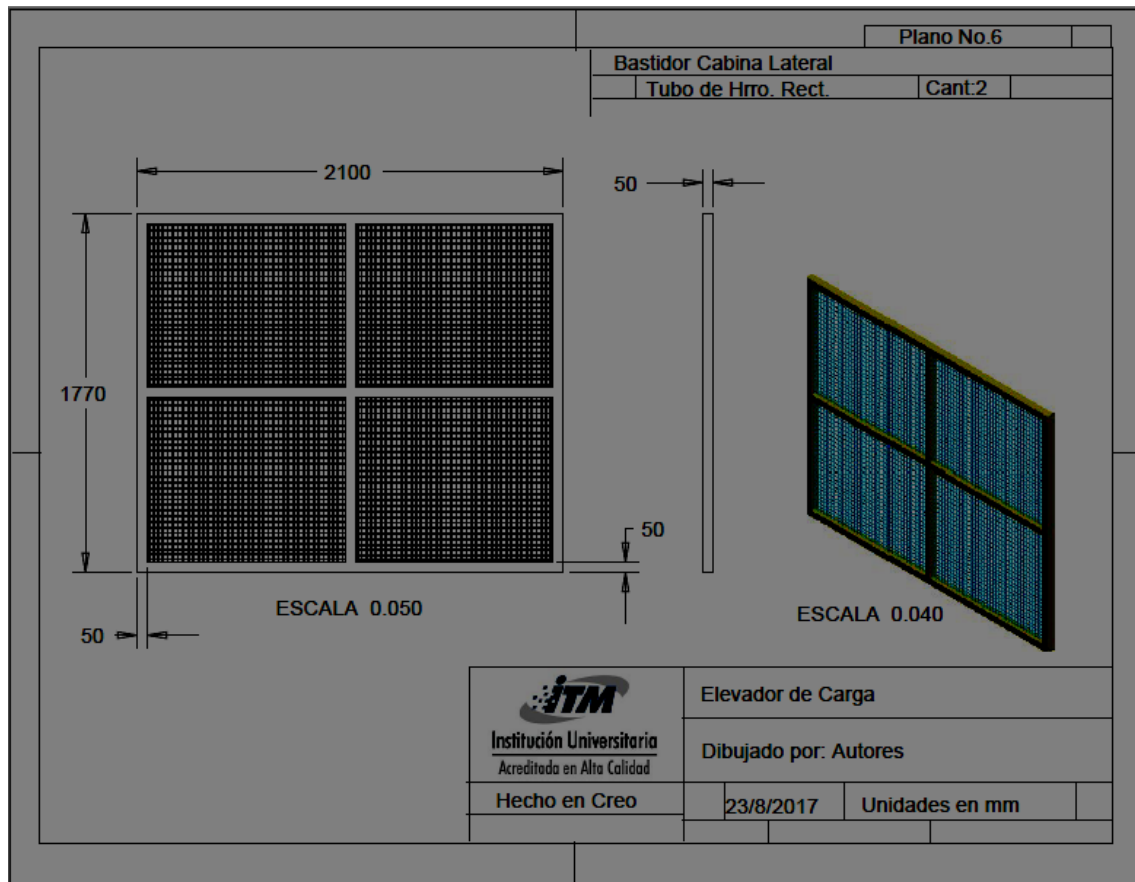


**Fig. 118.** Plano No.5: Bastidor Cabina Frontal. Fuente: Autores.

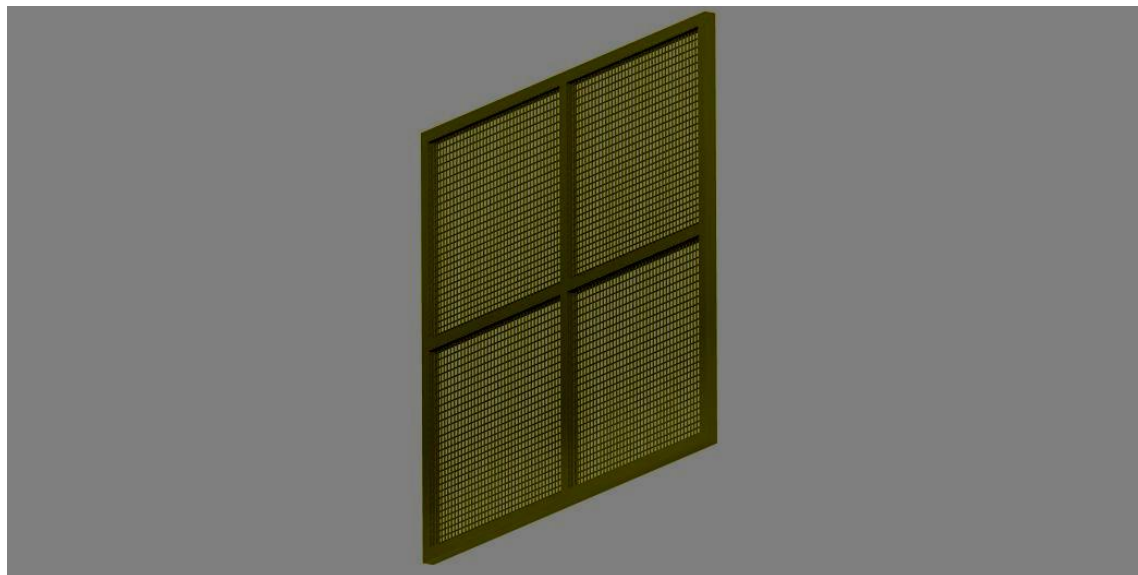
	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



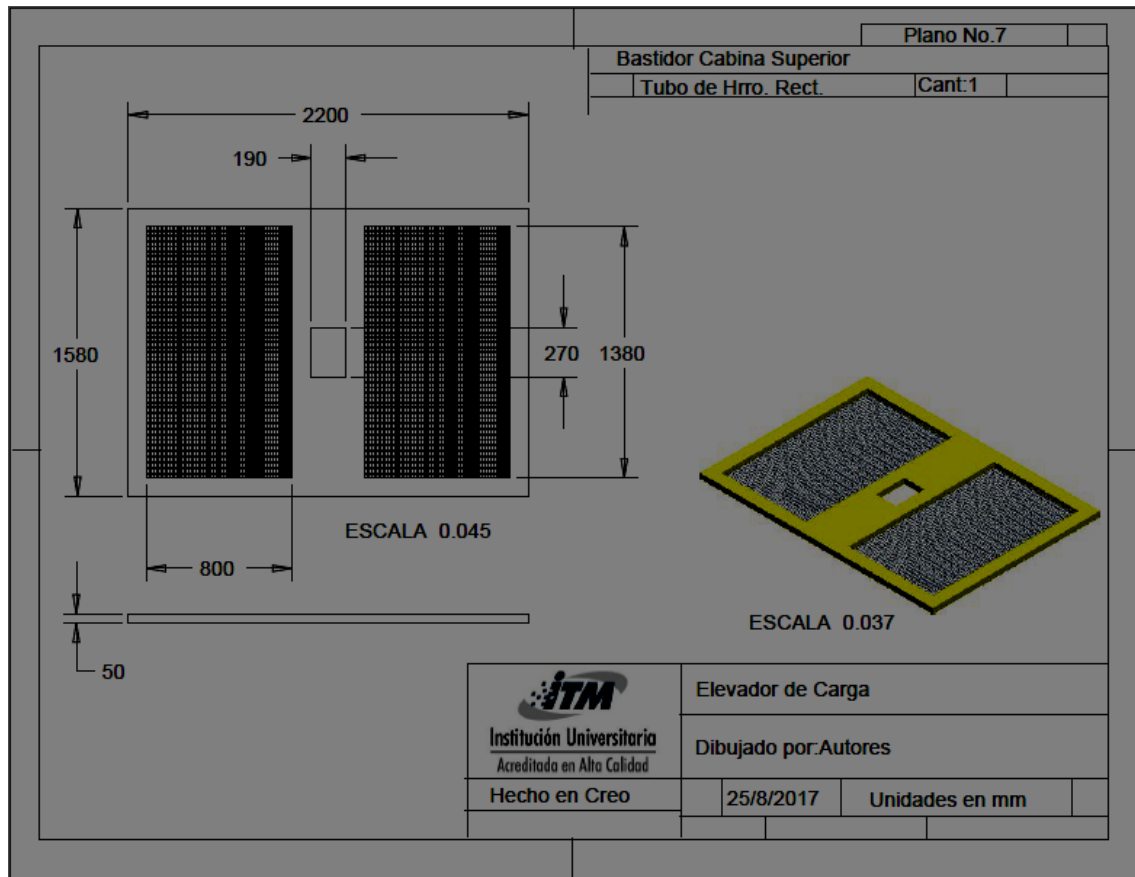
**Fig. 119.** Imagen renderizada: Bastidor Cabina Frontal. Fuente: Autores.



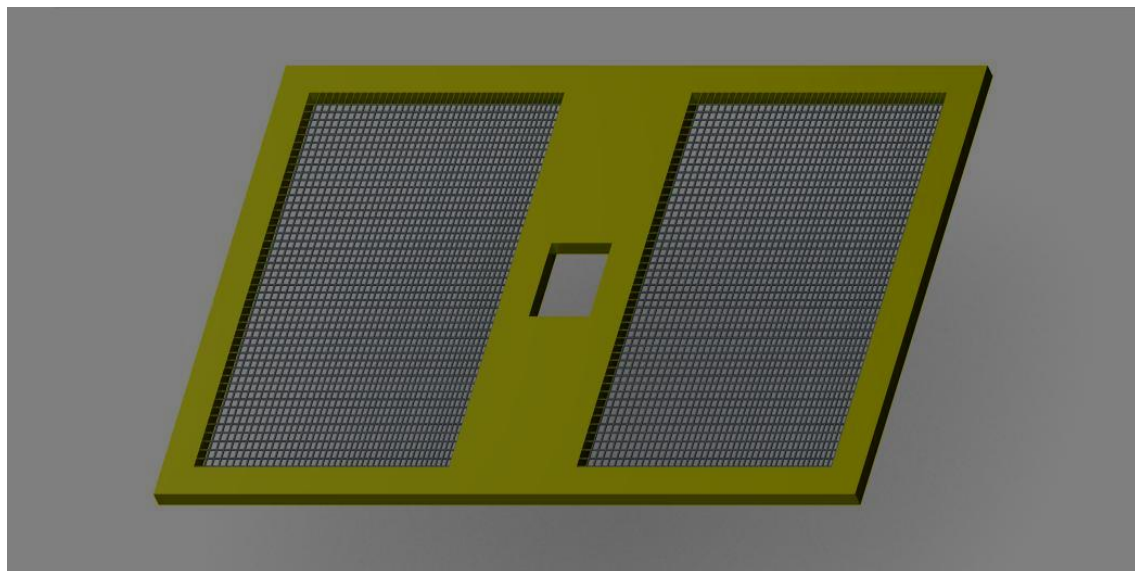
**Fig. 120.** Plano No.6: Bastidor Cabina Lateral. Fuente: Autores.



**Fig. 121.** Imagen renderizada: Bastidor Cabina Lateral. Fuente: Autores.



**Fig. 122.** Plano No.7: Bastidor Cabina Superior. Fuente: Autores.

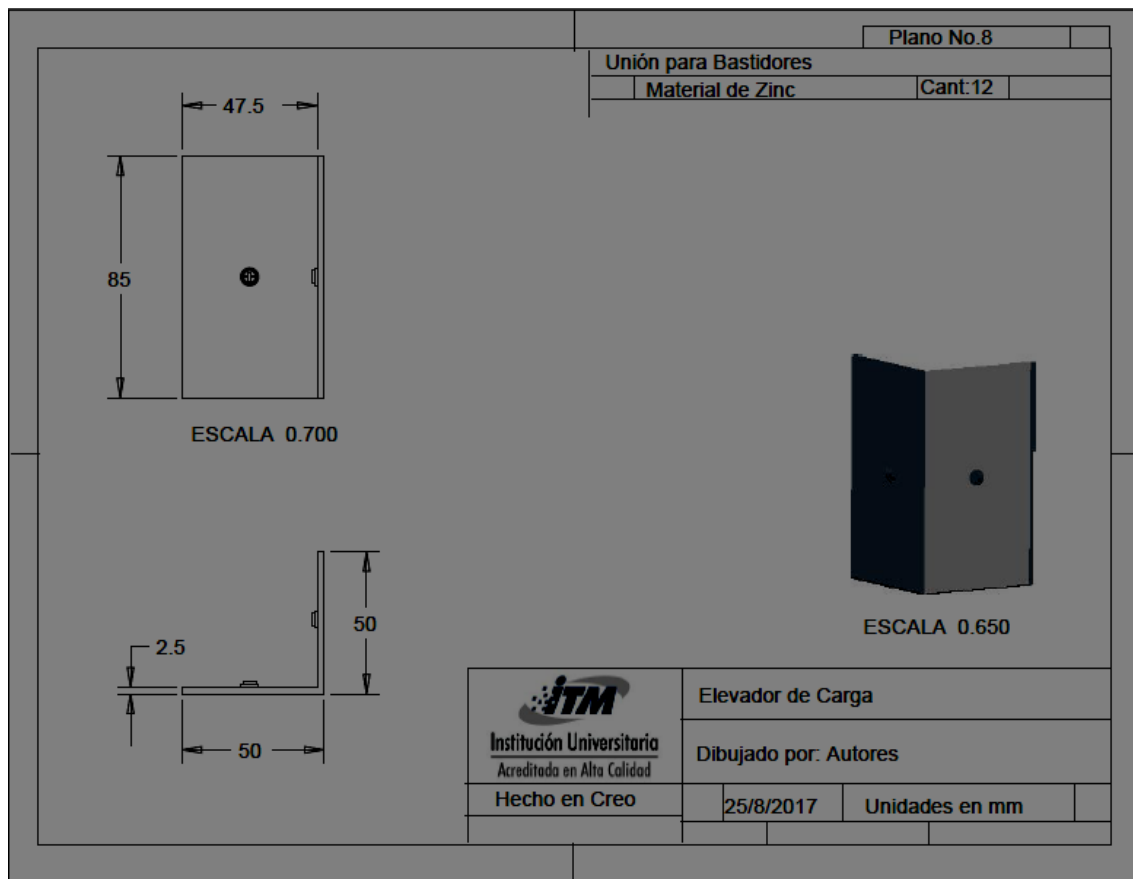


**Fig. 123.** Imagen renderizada: Bastidor Cabina Superior. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Plano 8: Unión para bastidores.**

Los bastidores se unen mediante soldadura, sin embargo, se aseguran o refuerzan con placas de zinc, 3 en cada esquina. La Fig. 124 presenta las medidas estándar de este tipo de uniones especiales para reforzar bastidores, y en la Fig. 125 su renderizado.



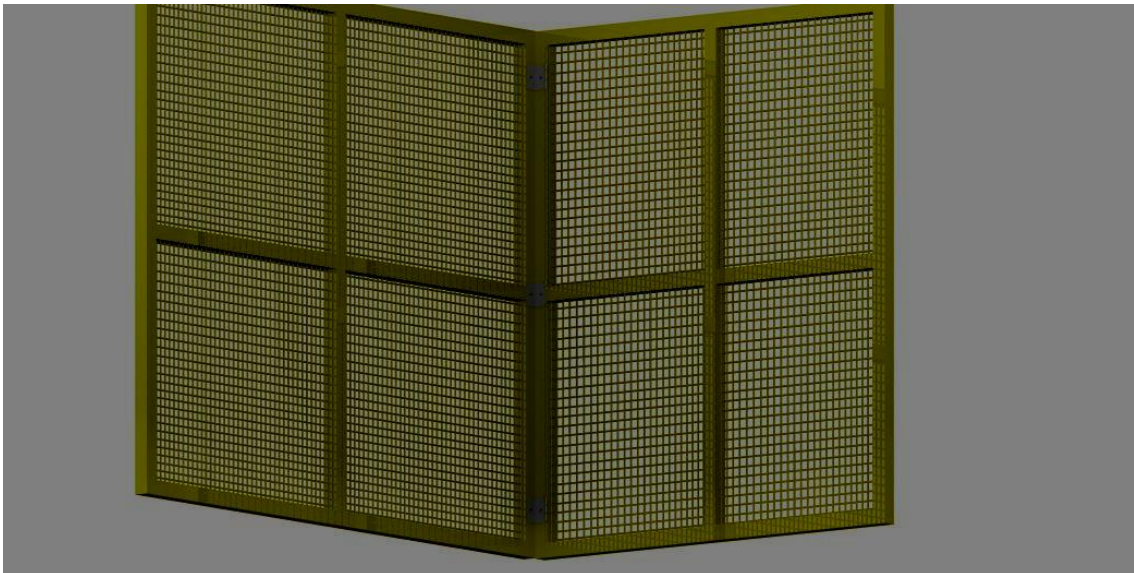
**Fig. 124.** Plano No.8: Unión para Bastidores. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 125.** Imagen renderizada: Unión Bastidores. Fuente: Autores.

La Fig. 126 muestra el conjunto del ensamble de los bastidores mediante las uniones de zinc.



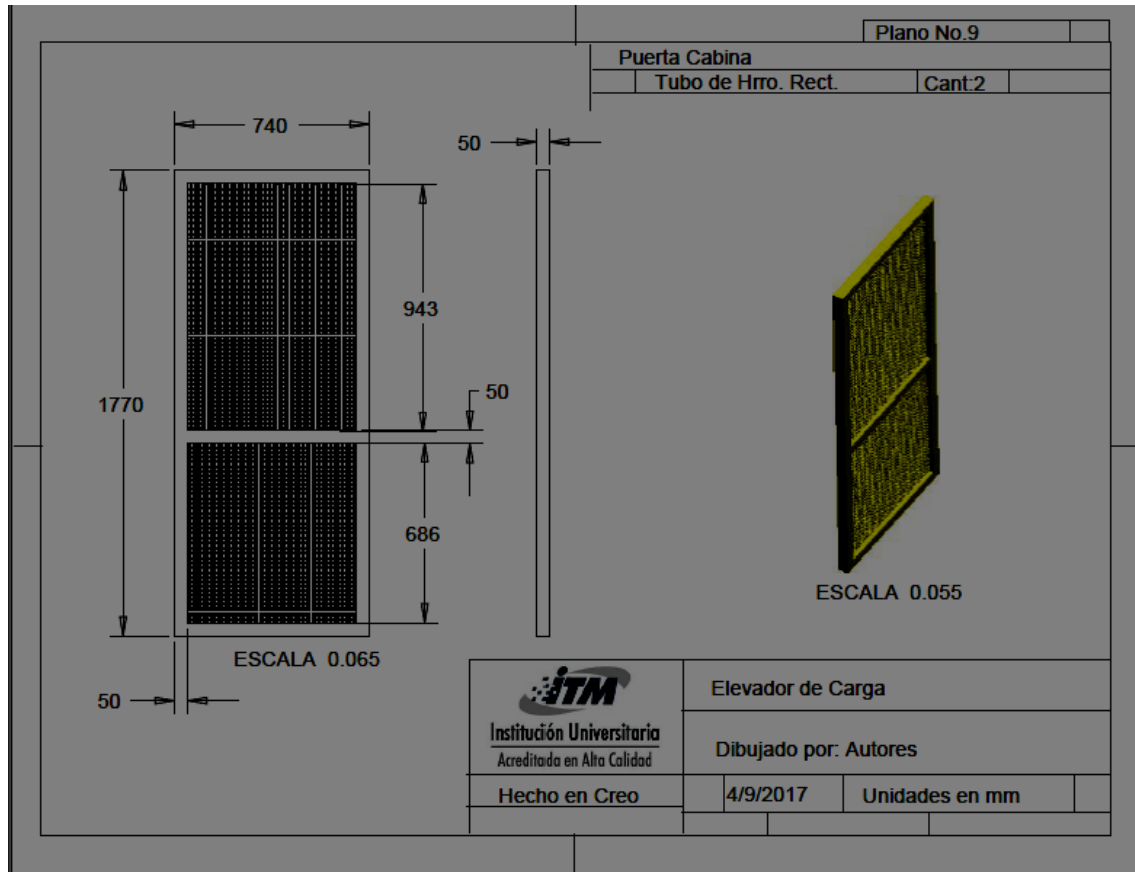
**Fig. 126.** Imagen renderizada: Ensamble entre Bastidores. Fuente: Autores.

**Plano 9: Puerta Cabina.**



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

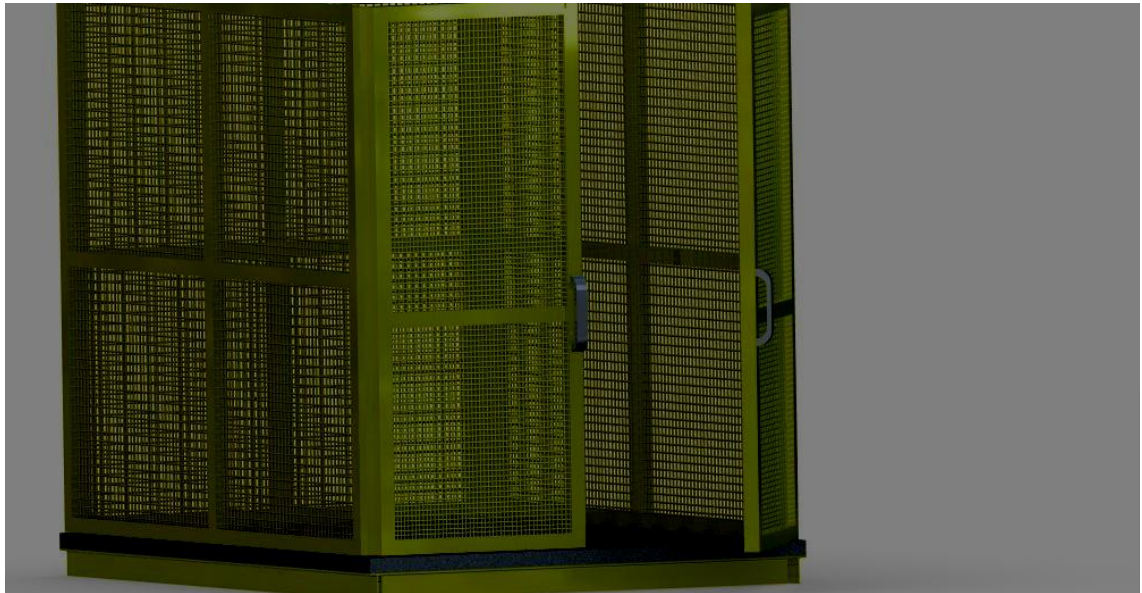
La puerta de la cabina es doble (Ver Fig. 127). El material es idéntico al de los bastidores con malla extendida, (Ver Fig. 126).



**Fig. 127.** Plano No.9: Puerta Cabina. Fuente: Autores.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

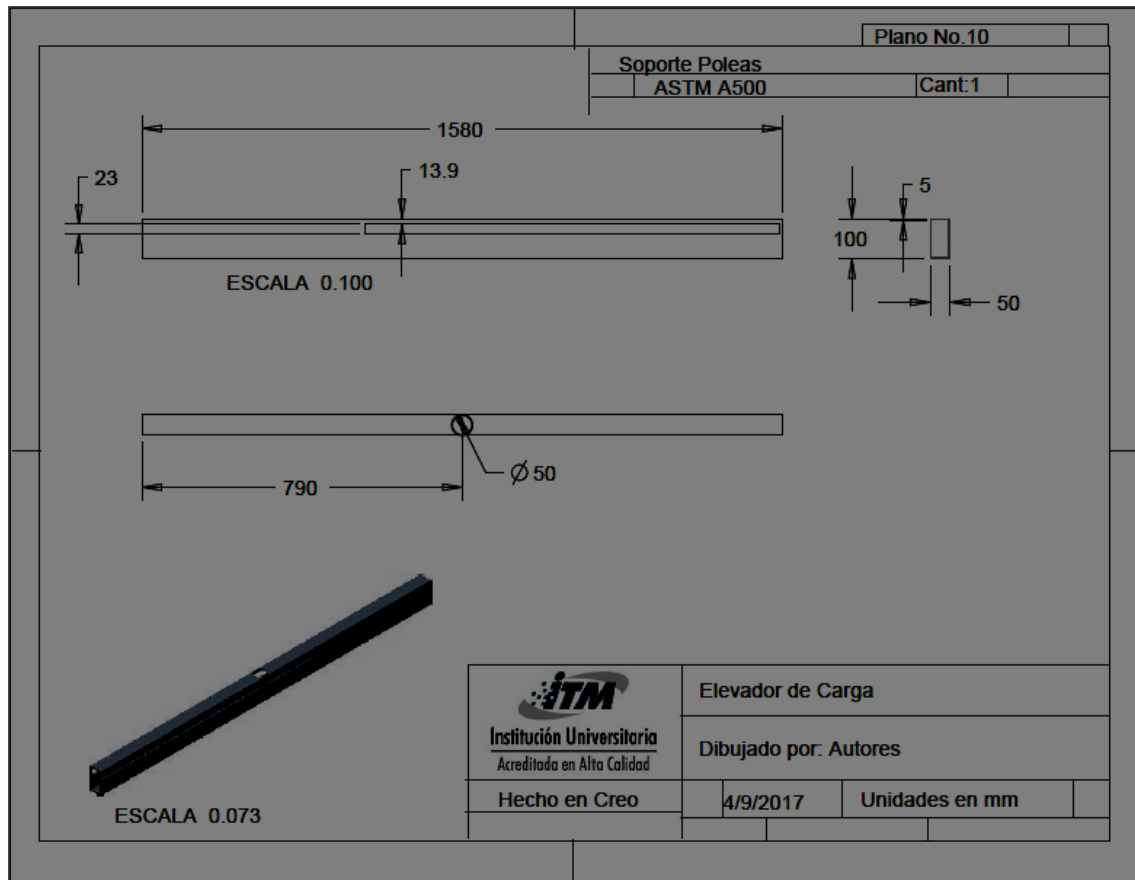


**Fig. 128.** Imagen renderizada: Ensamble parcial Cabina. Fuente: Autores.

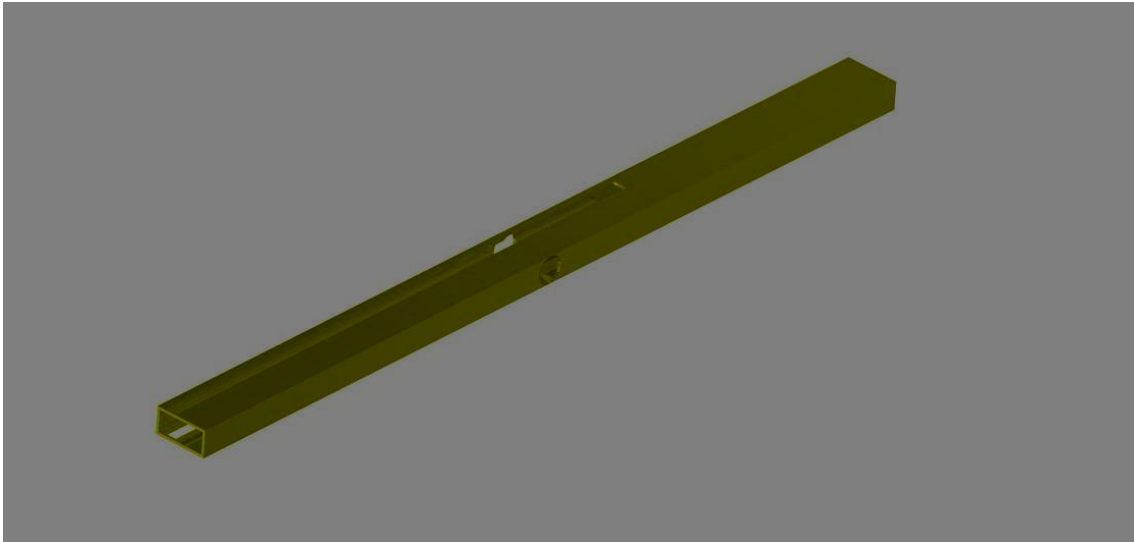
#### **Plano 10: Tubo rectangular soporte Poleas**

La Fig. 129 corresponde a un perfil tubular de  $4 \times 2$  pulg mecanizada para servir de soporte al primer juego de poleas ubicada en la cabina. Ver representación renderizada en la Fig. 130.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 129.** Plano No.10: Soporte Poleas. Fuente: Autores.



**Fig. 130.** Imagen renderizada: Tubo rectangular soporte poleas. Fuente: Autores.

#### **Plano 11: Tubo rectangular modificado (Soporte Polea 2)**

La Fig. 131 es la base en donde se soporta una de las poleas ubicadas en la cabina. La Fig. 132, la representación fotorrealista de la misma.

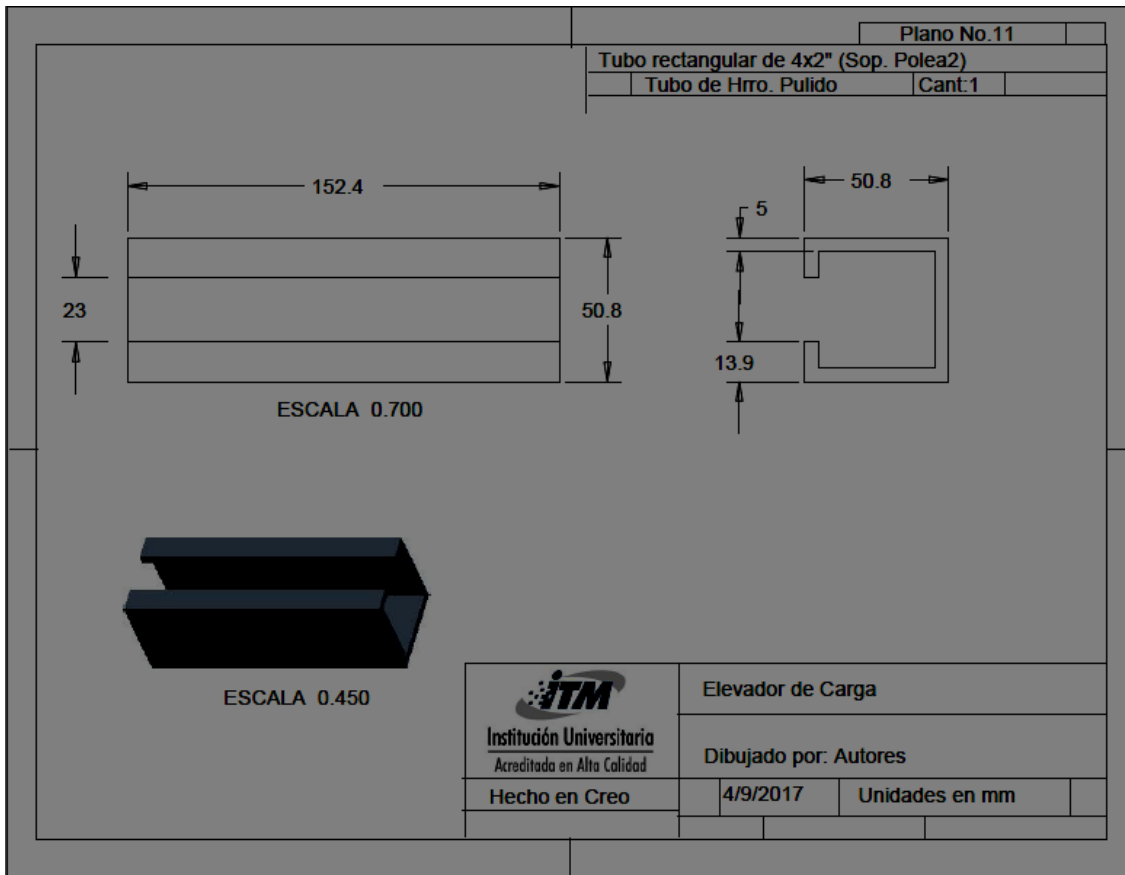


Fig.

131. Plano No.11: Soporte Polea2. Fuente: Autores.

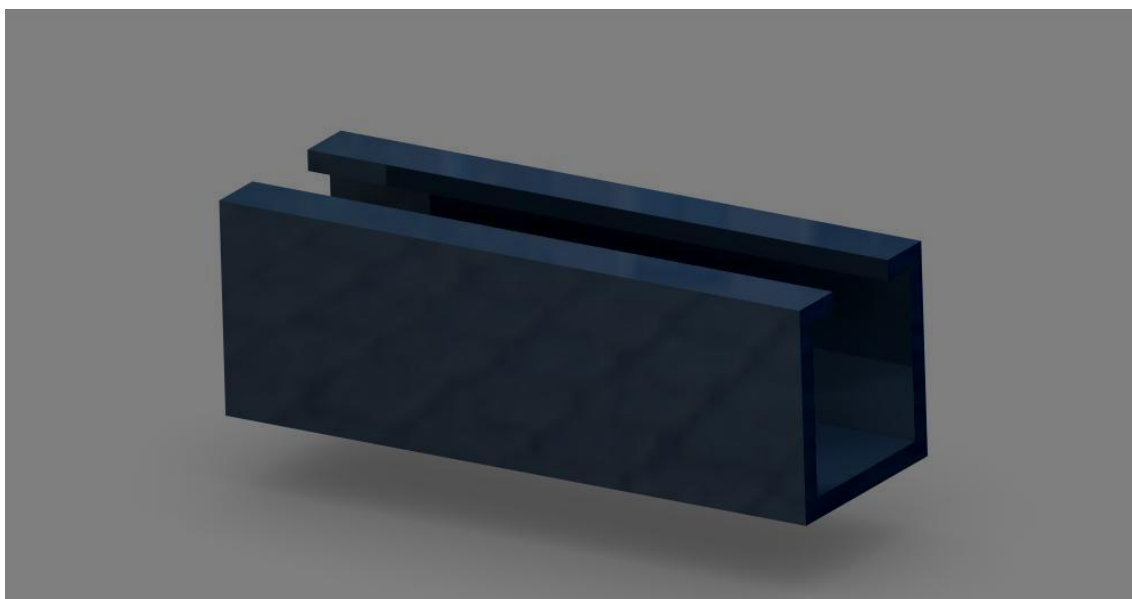
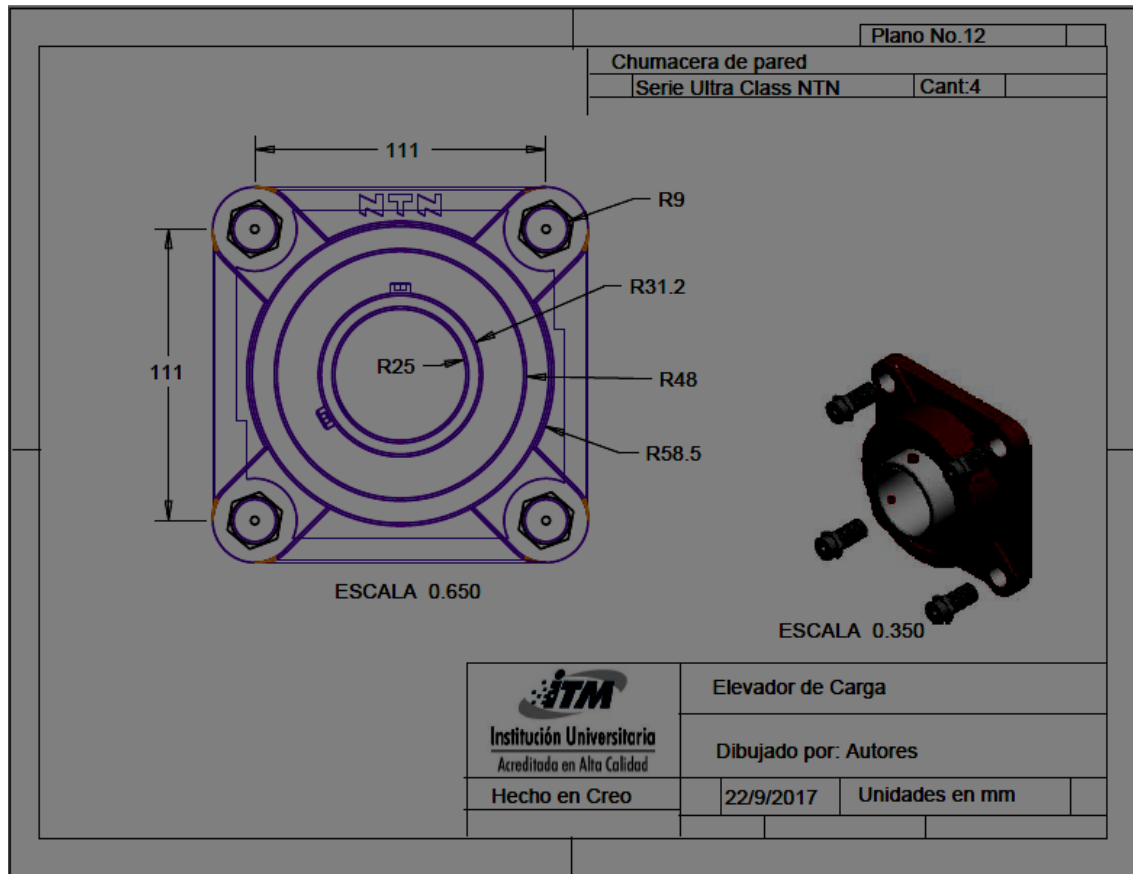


Fig. 132. Imagen renderizada: Base Polea2. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

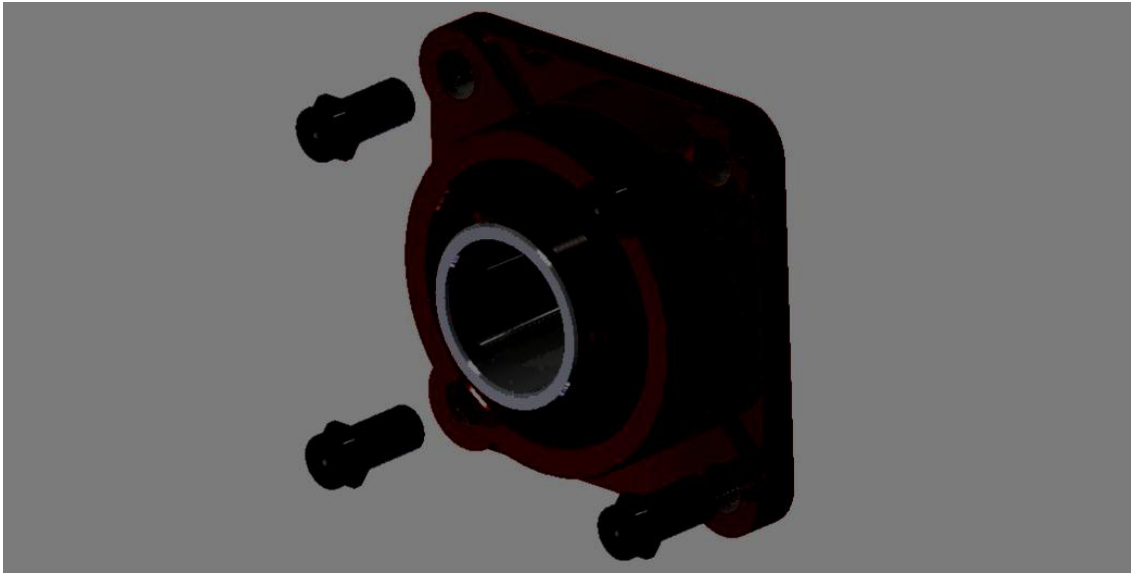
**Plano 12: Chumacera de pared.**

La chumacera de pared (Ver Fig. 133) se utiliza para la fijación de las poleas. Las medidas ofrecidas en la Fig. 133 son las estándar de la marca NTN que ofrece una excelente protección contra partículas húmedas.



**Fig. 133.** Plano No.12: Chumacera de pared NTN. Fuente: Autores.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

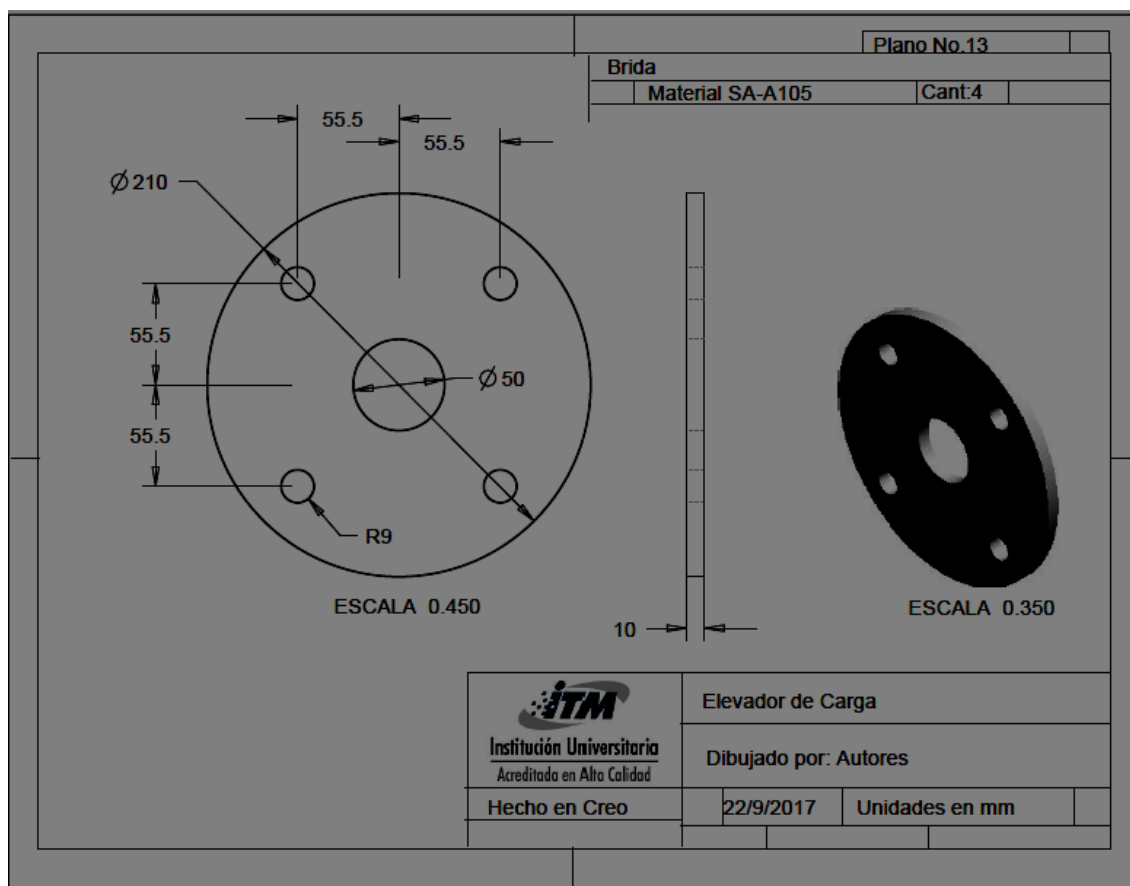


**Fig. 134.** Imagen renderizada: Chumacera de pared NTN. Fuente: Autores.

**Plano 13: Brida.**

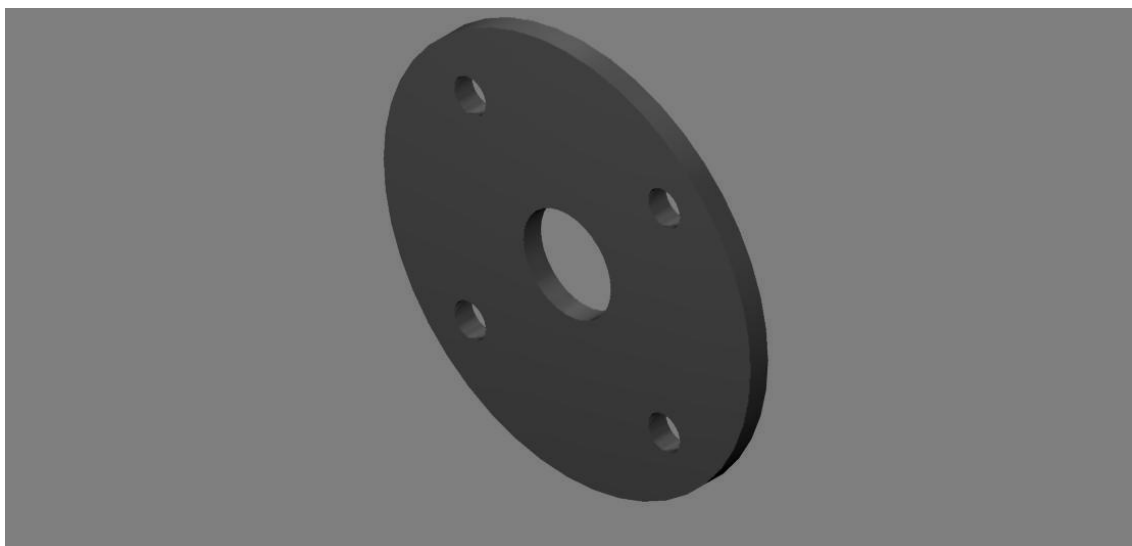
Con la brida se ajusta la chumacera hacia la polea. En la Fig. 135 se presentan las dimensiones y tipo de material. En las Figs. 136 y 137 se aprecian el renderizado y el conjunto chumacera-brida.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

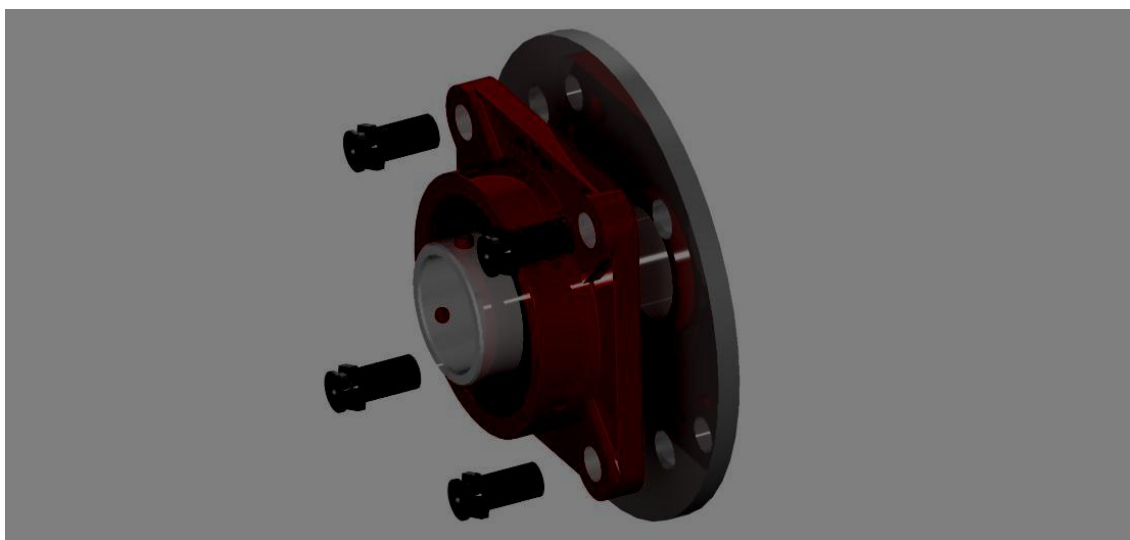


**Fig. 135.** Plano No.13: Brida. Fuente: Autores.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 136.** Imagen renderizada: Brida. Fuente: Autores.



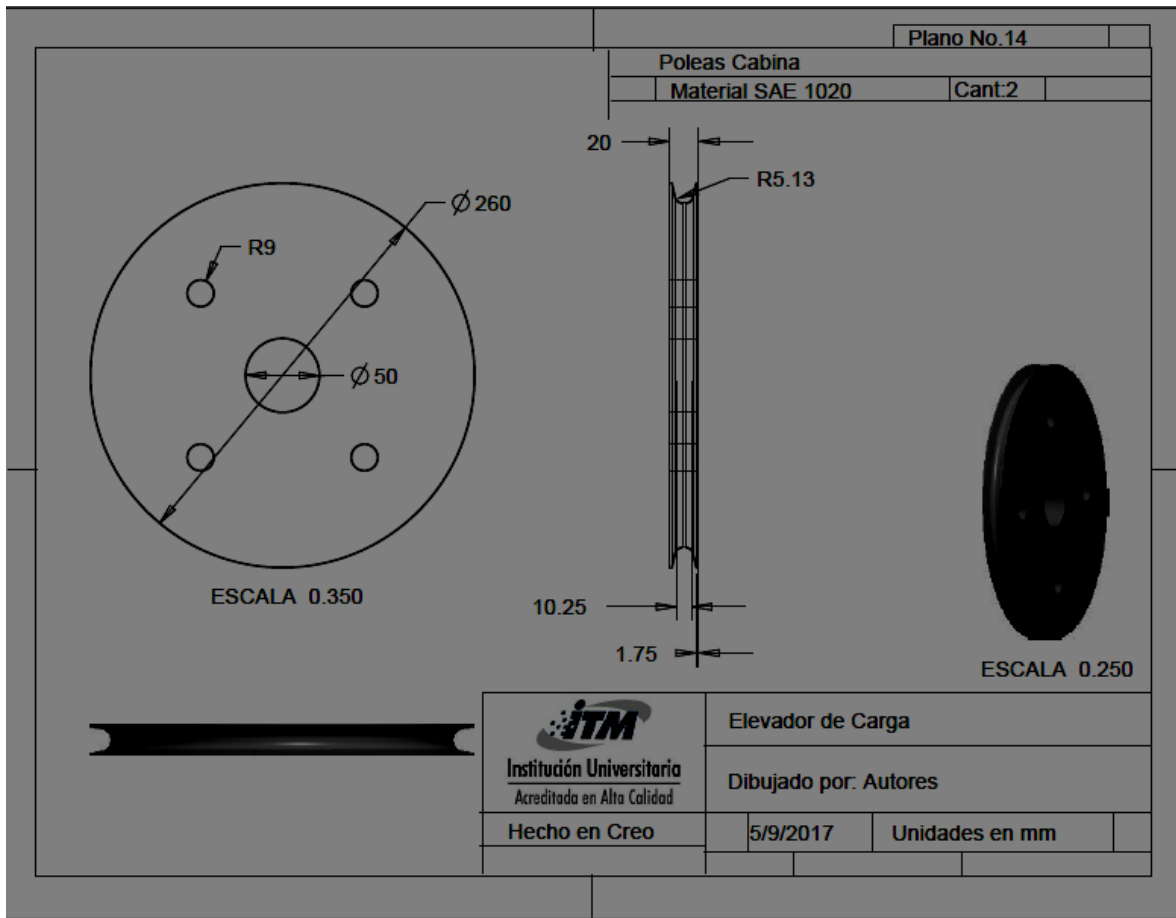
**Fig. 137.** Imagen renderizada: Ensamble Chumacera-Brida. Fuente: Autores.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

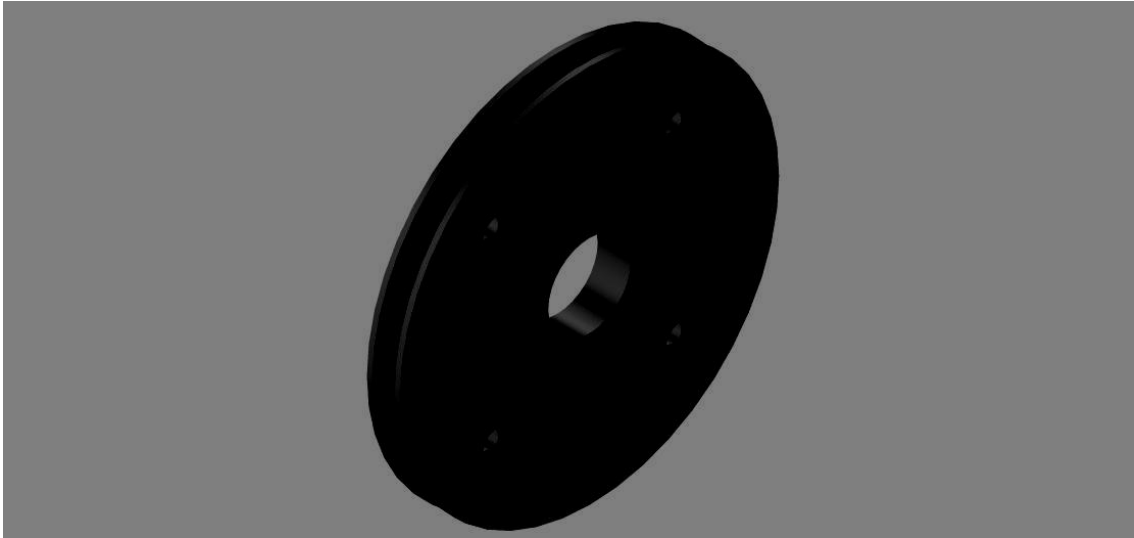
**Plano 14: Poleas Cabina.**

El primer sistema de poleas del elevador de carga se localiza en la parte superior de la cabina, y ambas presentan las mismas características de construcción, material SAE 1020, acero de bajo carbono, óptimo para elementos de maquinaria y usos convencionales. En la Fig. 138 se ofrecen las medidas de la polea y en la Fig. 139 su renderizado. En la Fig. 140 se observa cómo va el ensamble del conjunto chumacera-brida-polea.

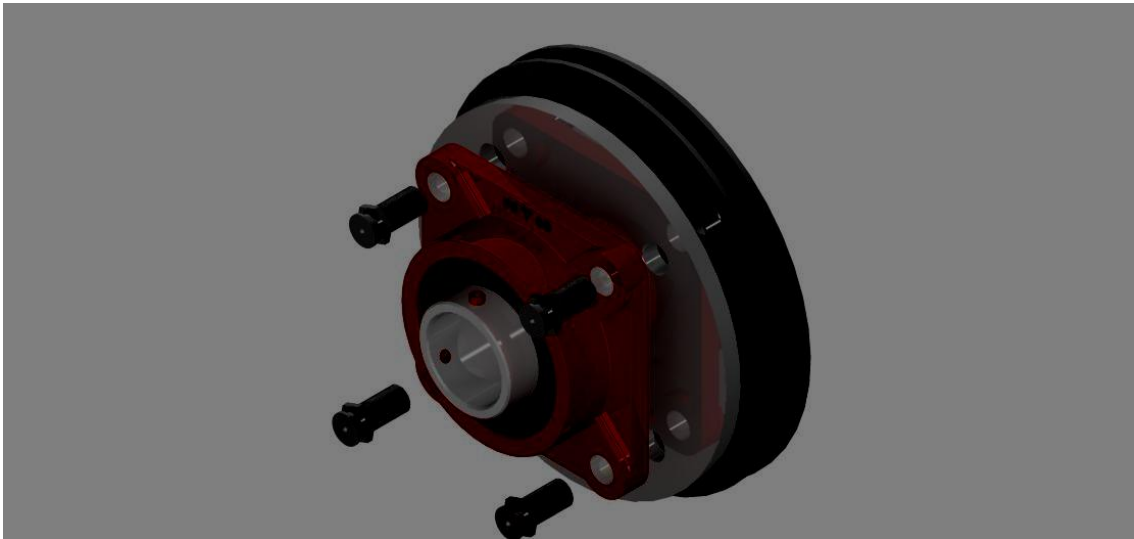


**Fig. 138.** Plano No.14: Polea Cabina. Fuente: Autores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 139.** Imagen renderizada: Polea Cabina. Fuente: Autores.



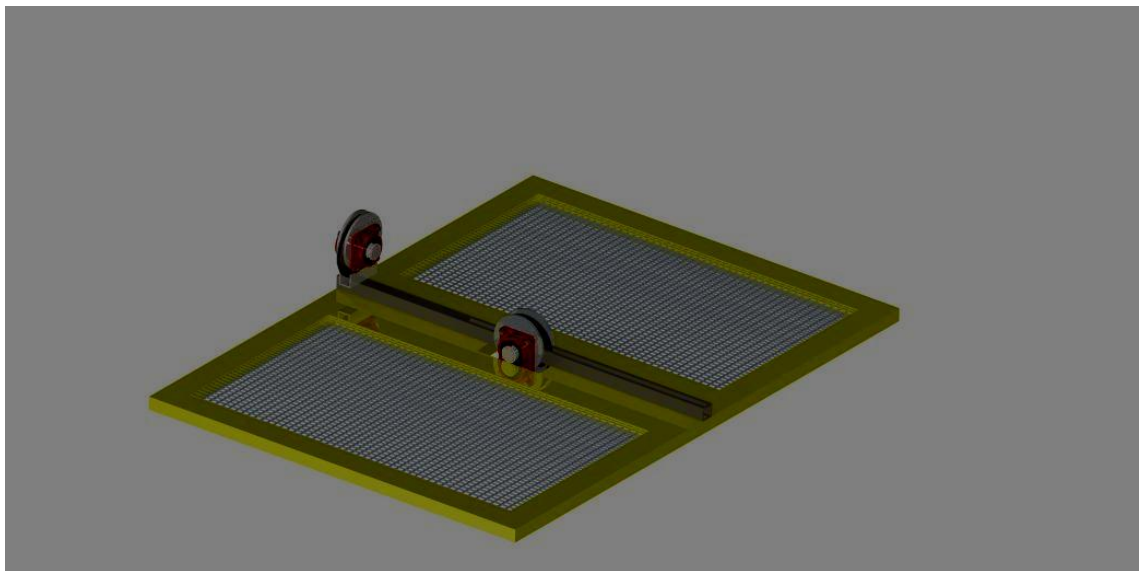
**Fig. 140.** Imagen renderizada: Ensamble Chumacera-Brida-Polea. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La Fig. 141 presenta el ensamble final del sistema de poleas de la cabina, mientras la Fig. 142 el ensamble Sistema poleas-Bastidor superior.



**Fig. 141.** Imagen renderizada: Sistema Poleas Cabina. Fuente: Autores.

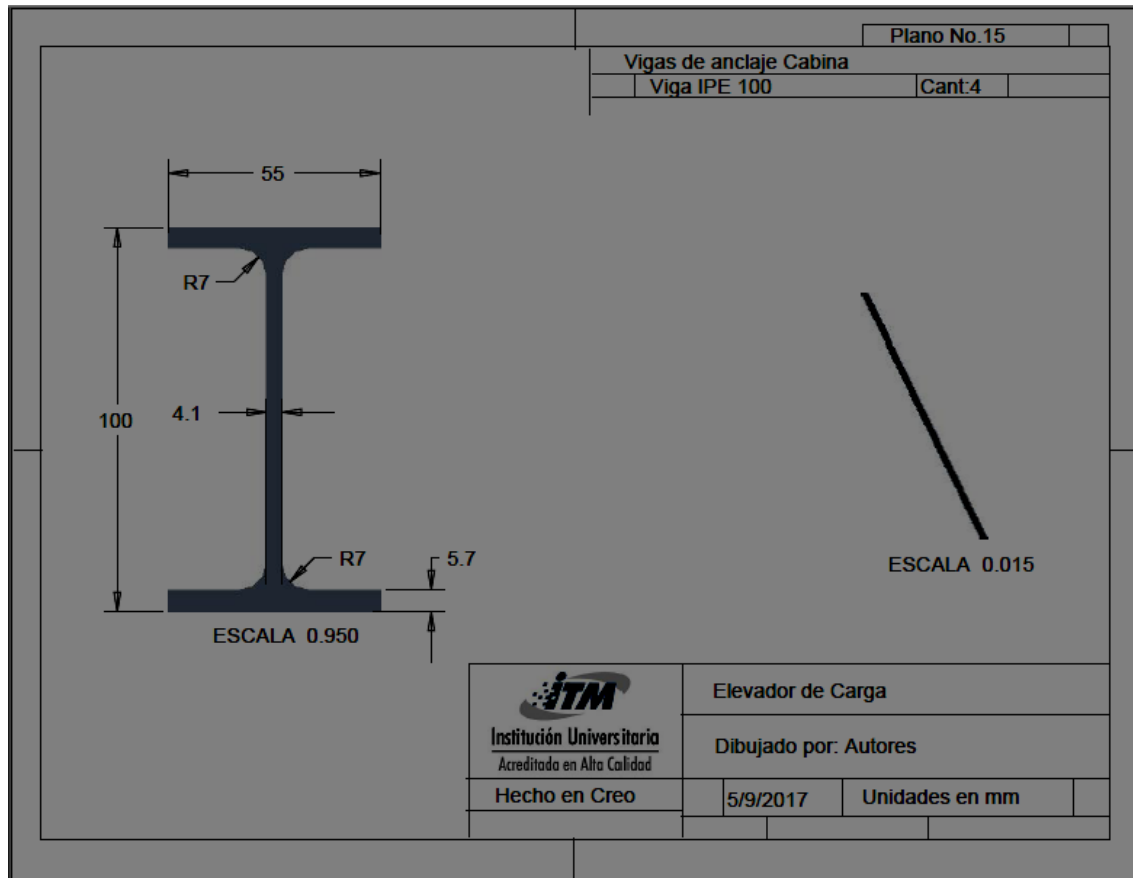


**Fig. 142.** Imagen renderizada: Ensamble Sistema poleas-Bastidor Superior. Fuente: Autores.

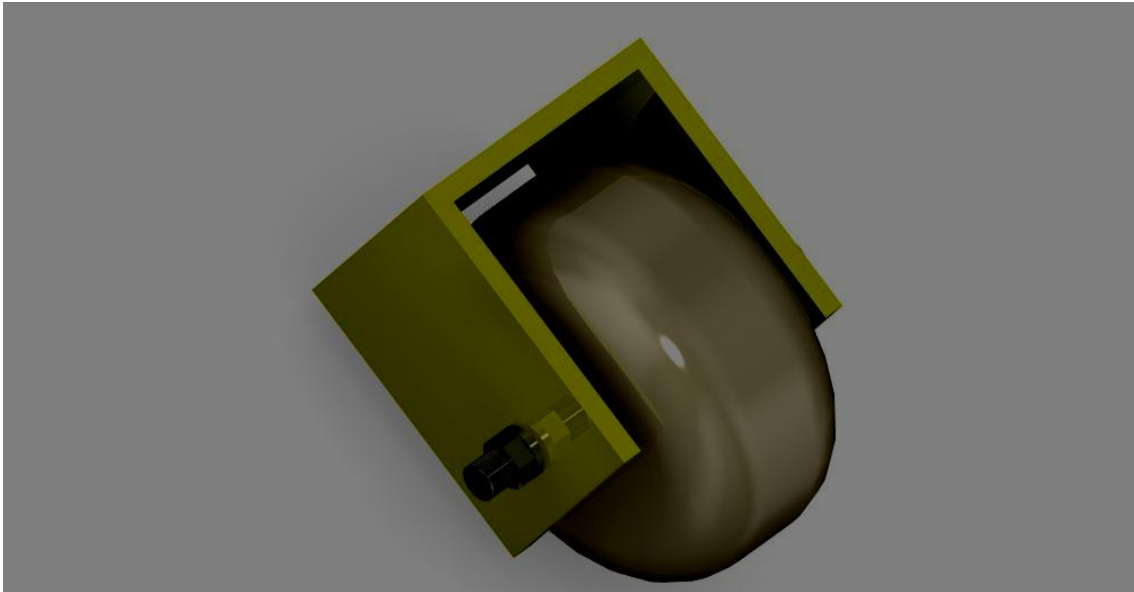
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Plano 15: Vigas de anclaje Cabina.**

Con perfiles IPE 100 (Ver Fig. 143) se disponen de cuatro vigas verticales en cada esquina de la cabina. Por estos perfiles se desliza la cabina por medio de los rines de polipropileno (Ver Fig. 144). La longitud máxima de cada una de estas vigas se estima en 10.000 mm o 10 m.

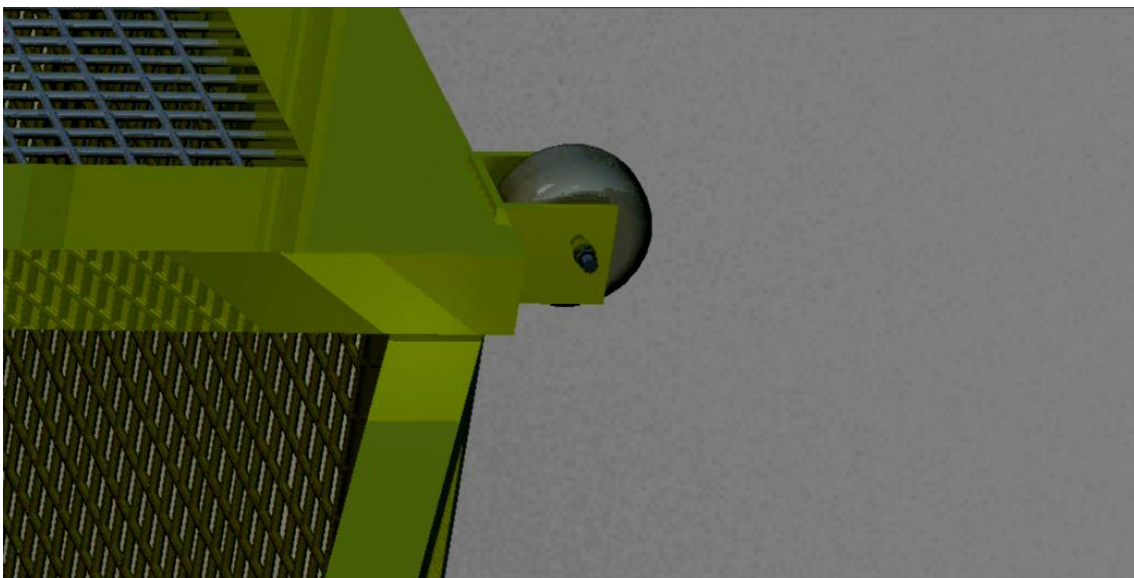


**Fig. 143.** Plano No.15: Viga anclaje cabina. Fuente: Autores.

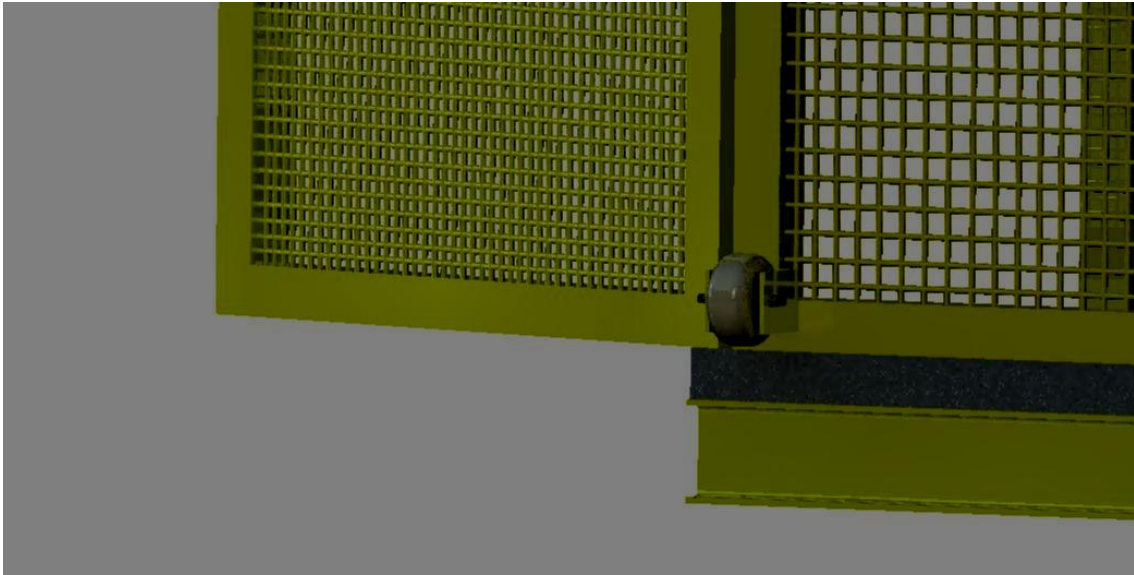


**Fig. 144.** Imagen renderizada: Rin de Polipropileno. Fuente: Autores.

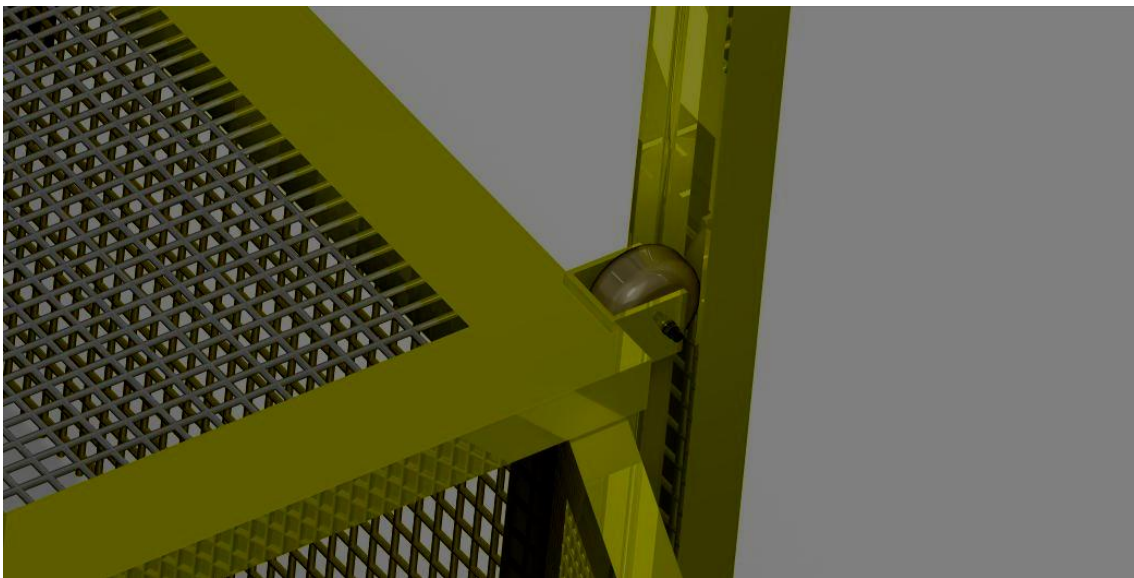
De las Figs. 145 a 148 se observan cómo van ensambladas los rines de polipropileno a la cabina.



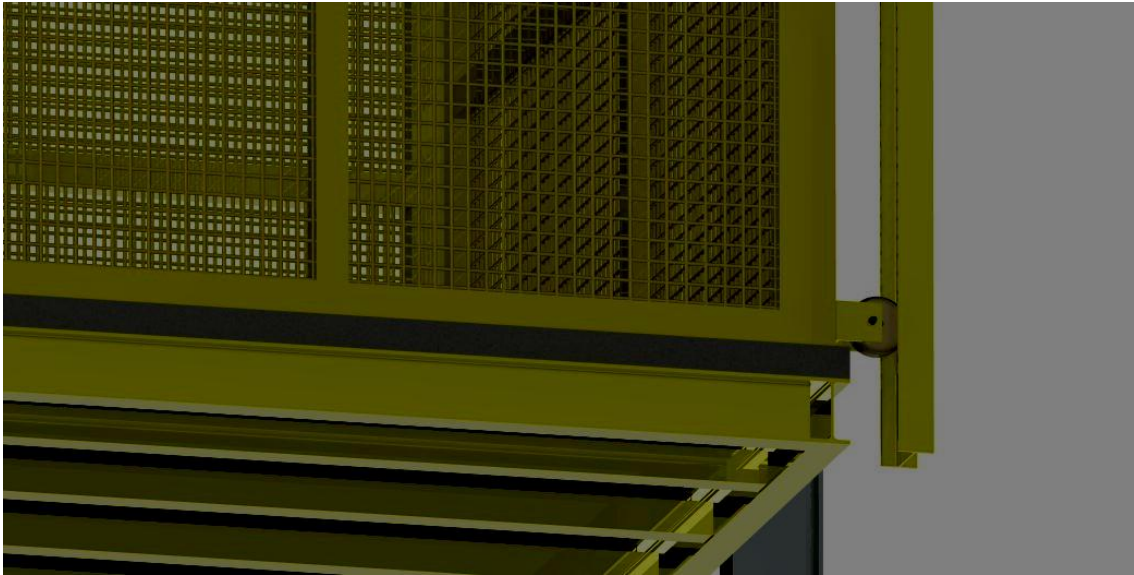
**Fig. 145.** Imagen renderizada: Ensamble Rin de Polipropileno-Cabina. Fuente: Autores.



**Fig. 146.** Imagen renderizada: Ensamble Rin de Polipropileno-Cabina. Fuente: Autores.



**Fig. 147.** Imagen renderizada: Ensamble Rin de Polipropileno-Cabina. Fuente: Autores.

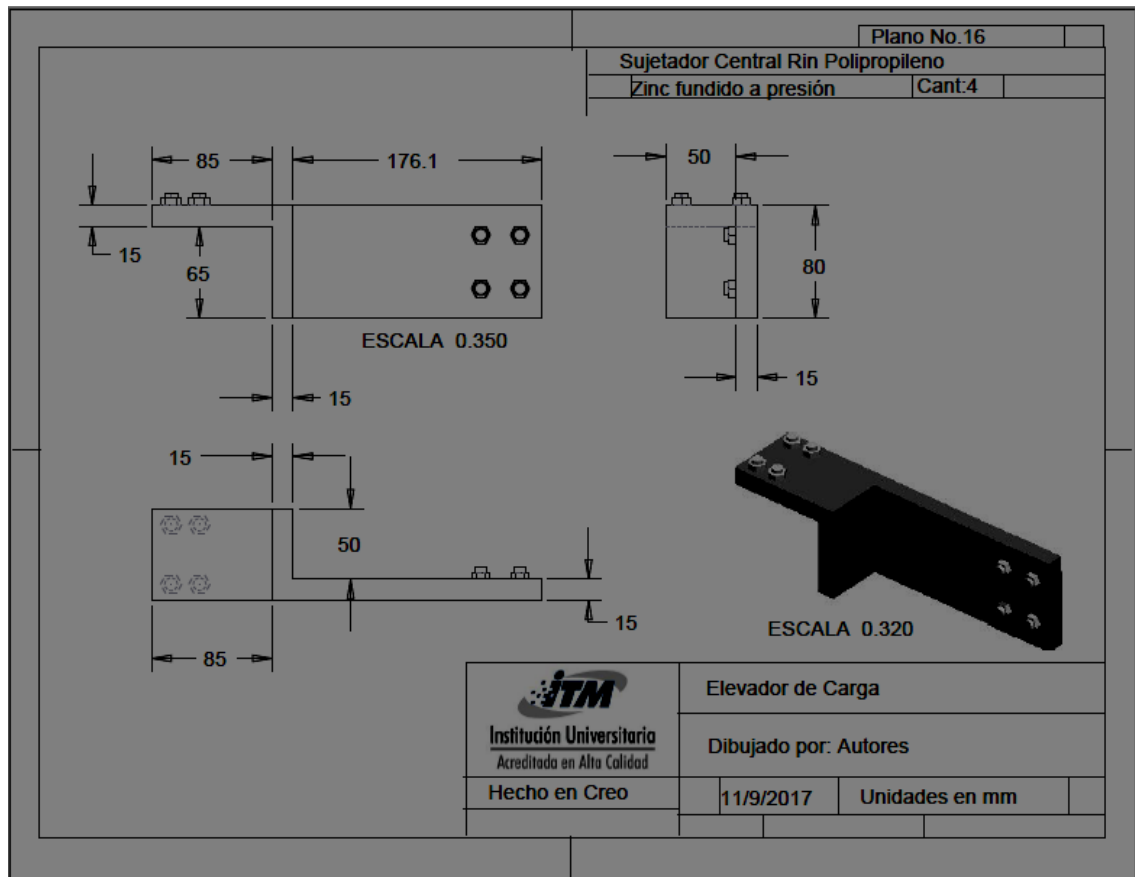


**Fig. 148.** Imagen renderizada: Ensamble Rin de Polipropileno-Cabina. Fuente: Autores.

#### **Plano 16: Sujetador central rin polipropileno**

En la parte central superior de la cabina se cuenta con un arreglo de tres rines de polipropileno con el fin de ofrecer una mayor estabilidad durante los recorridos del elevador. Dos de estos rines se ensamblan mediante sujetadores (Ver Fig. 149).

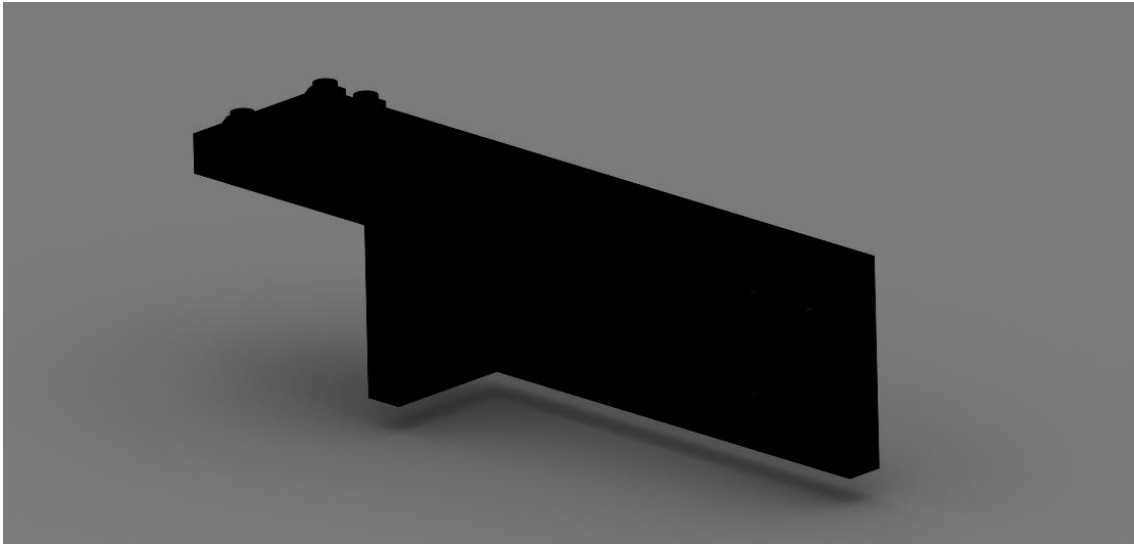
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 149.** Plano No.16: Sujetador Rin Polipileno. Fuente: Autores.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

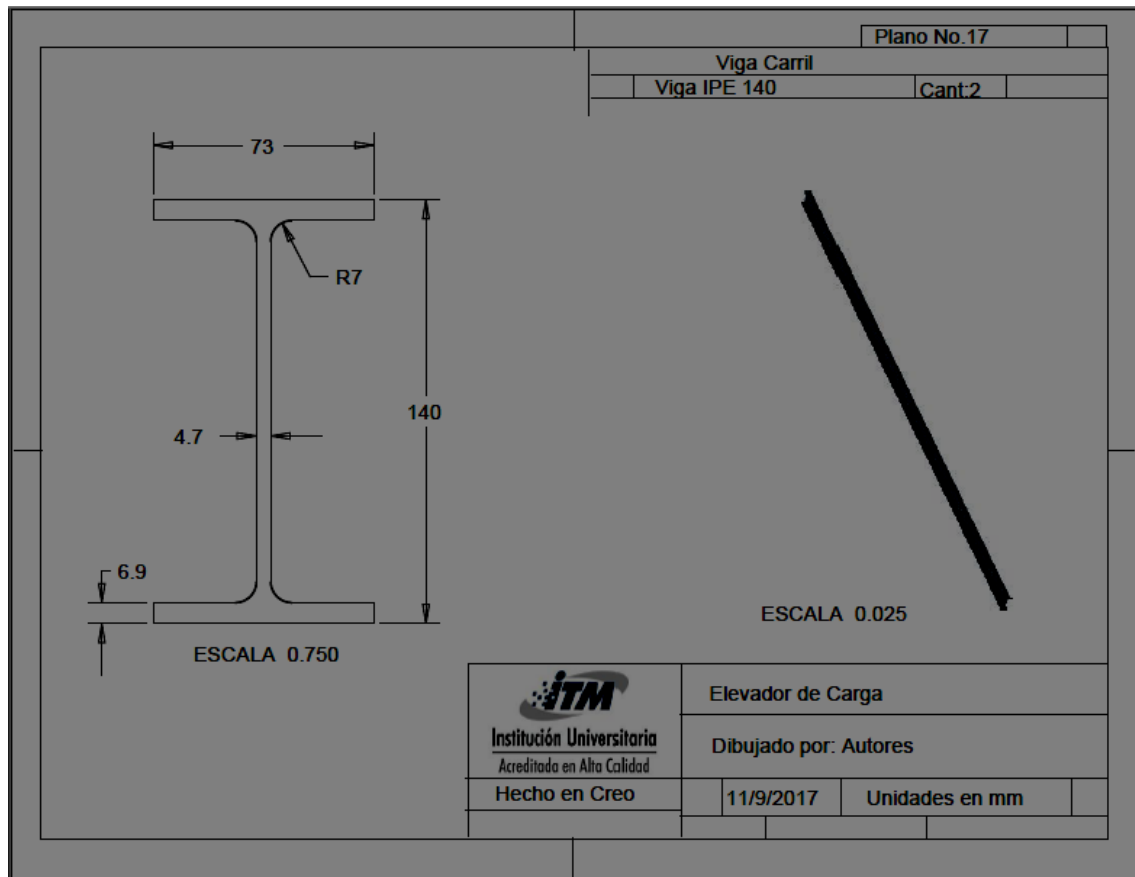


**Fig. 150.** Imagen renderizada: Sujetador Rin Polipropileno. Fuente: Autores.

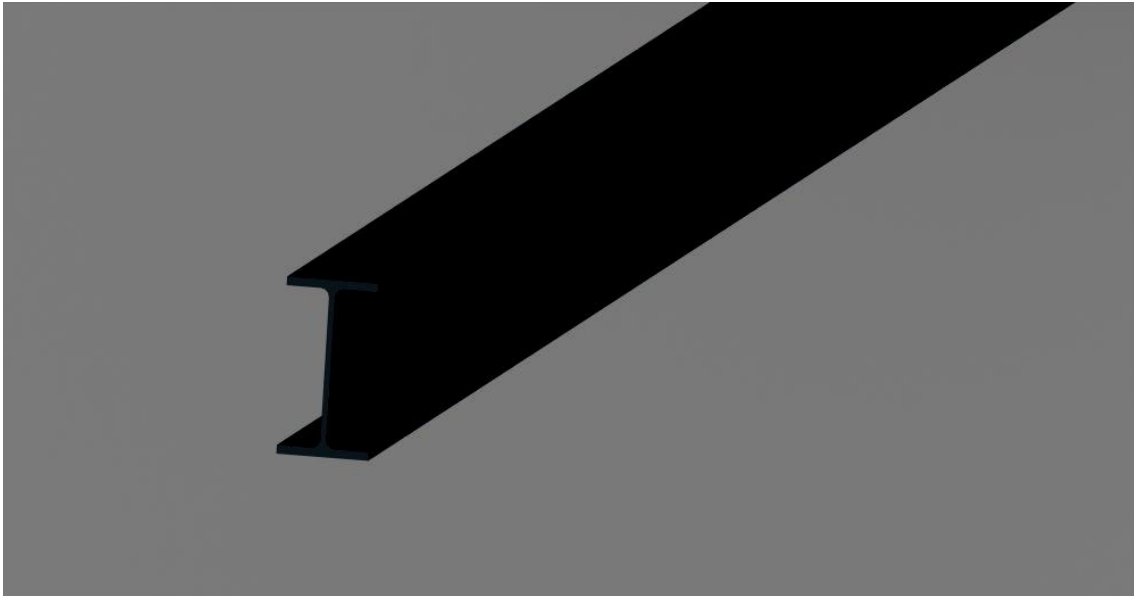
**Plano 17: Viga Carril.**

Son vigas de perfil IPE 140 (Ver Fig. 151 y Fig. 152) y cumplen la misma función que las vigas IPE 100 descritas en el plano 15. Por medio de estos perfiles se deslizan 3 rines de polipropileno a la vez. De las Figs. 153 a 158 se presentan los ensambles de las vigas IPE 140-Rines.

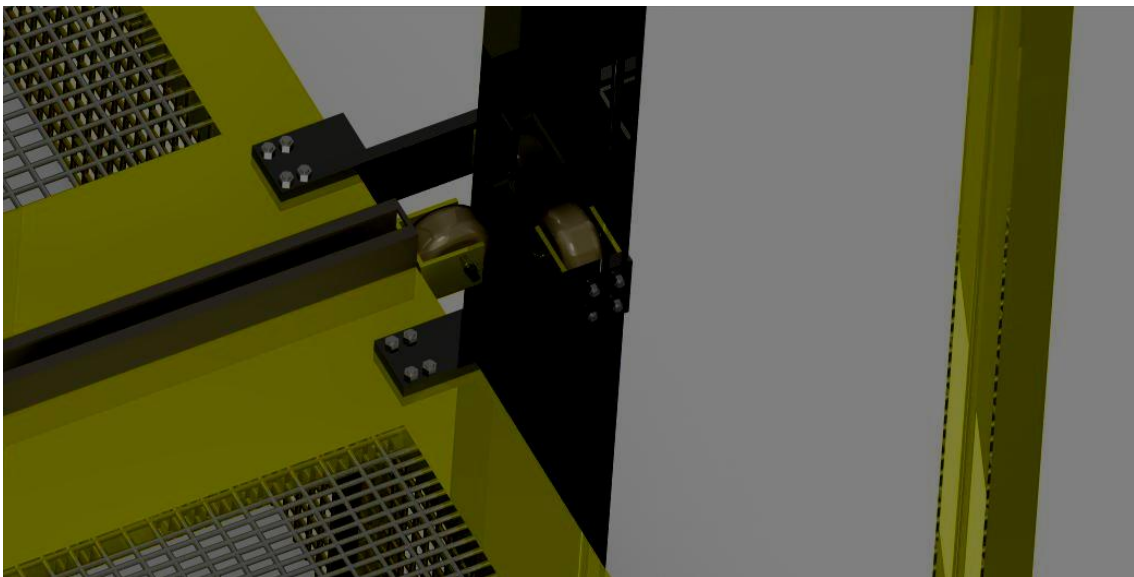
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 151.** Plano No.17: Viga IPE 140. Fuente: Autores.

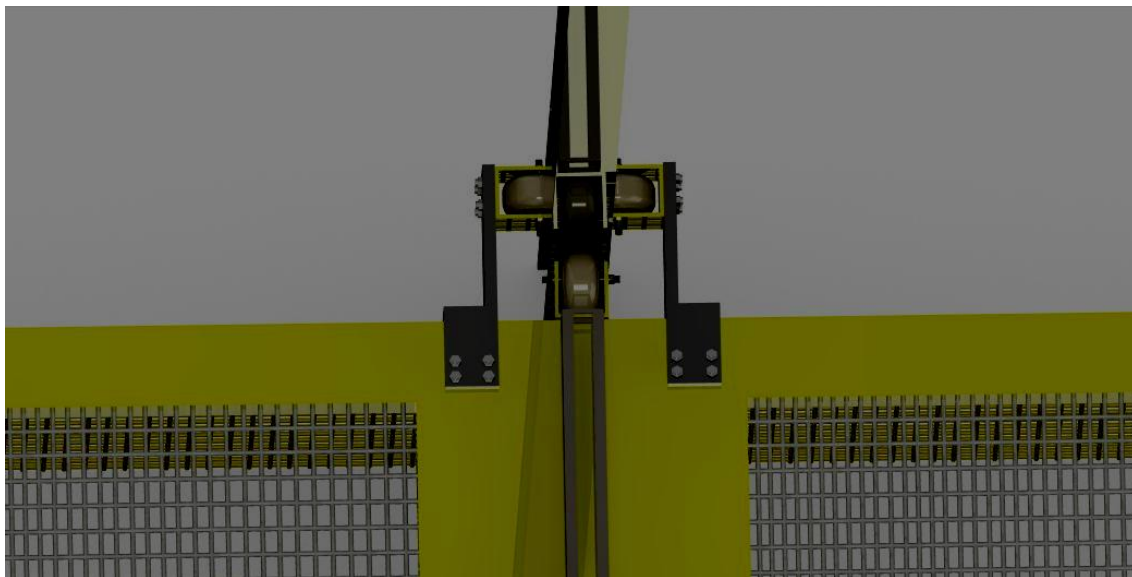


**Fig. 152.** Imagen renderizada: Viga IPE 140. Fuente: Autores.

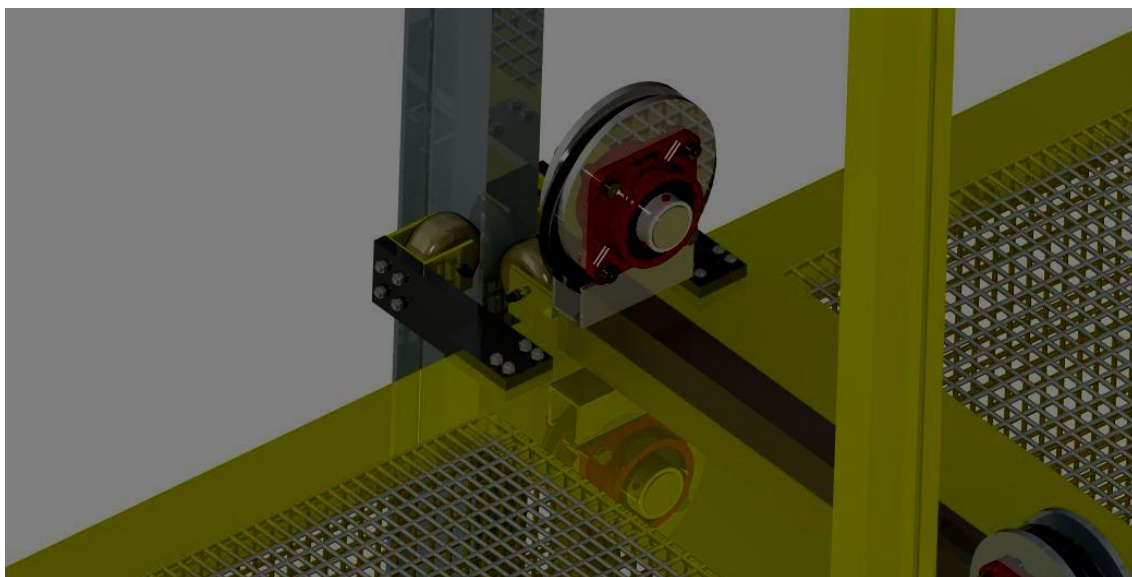


**Fig. 153.** Imagen renderizada: Ensamble Viga IPE 140-Rines. Fuente: Autores.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

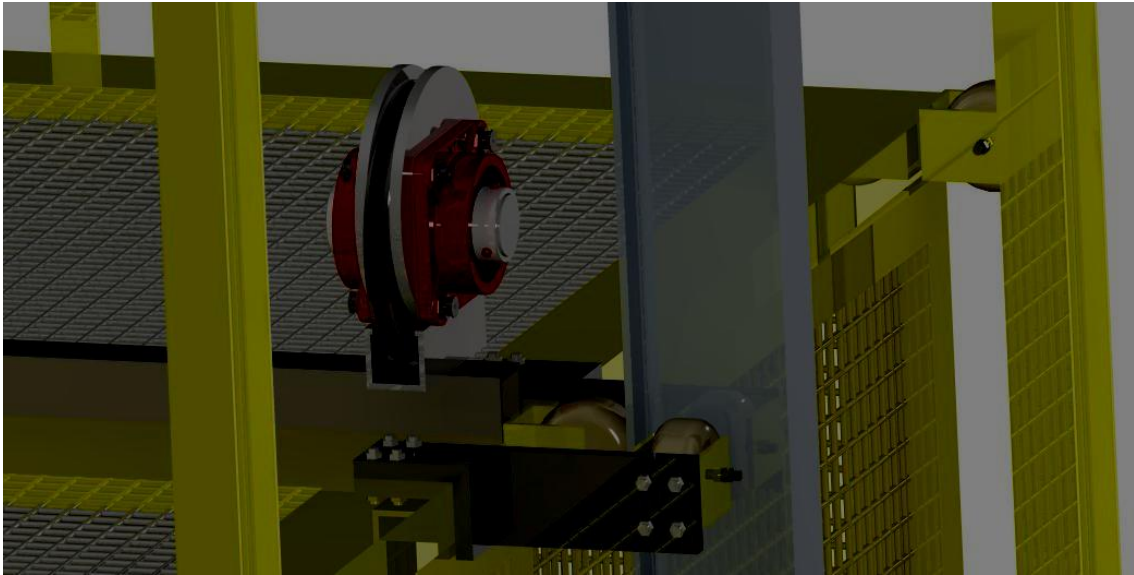


**Fig. 154.** Imagen renderizada: Ensamble Viga IPE 140-Rines. Fuente: Autores.

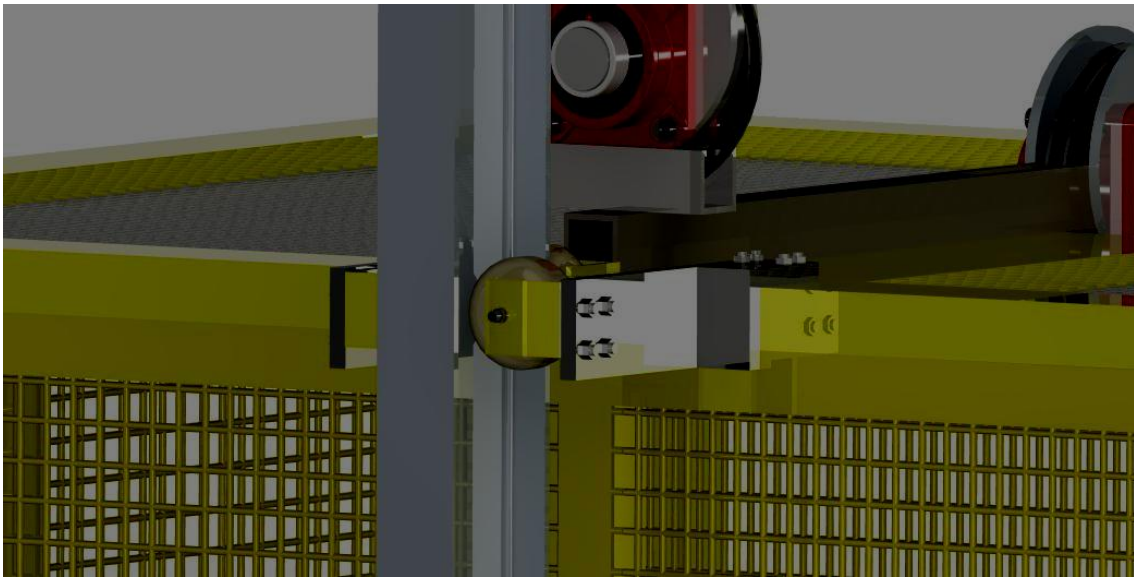


**Fig. 155.** Imagen renderizada: Ensamble Viga IPE 140-Rines. Fuente: Autores.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

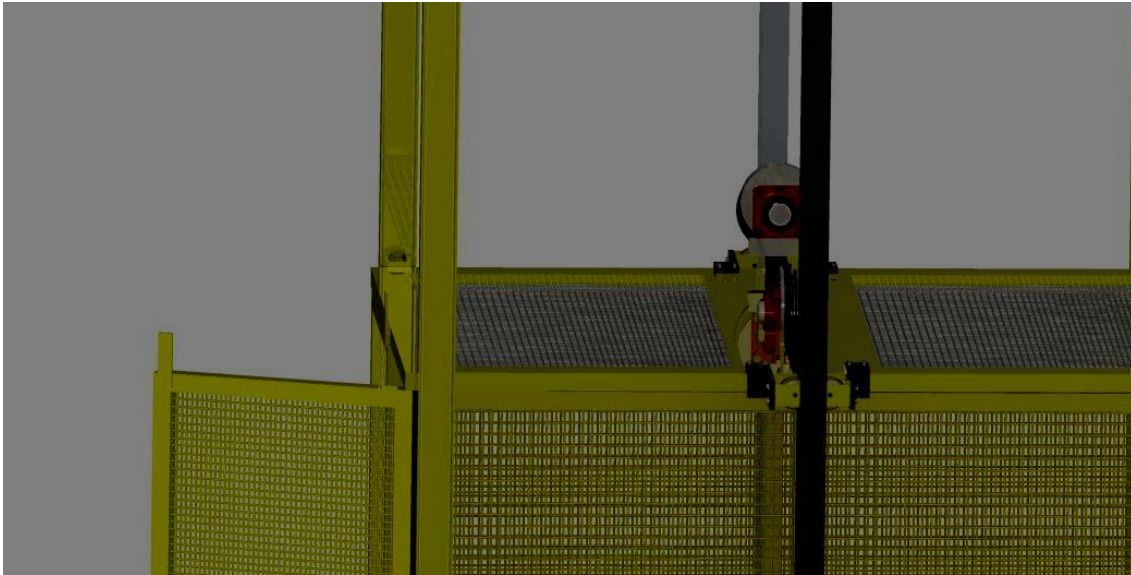


**Fig. 156.** Imagen renderizada: Ensamble Viga IPE 140-Rines. Fuente: Autores.



**Fig. 157.** Imagen renderizada: Ensamble Viga IPE 140-Rines. Fuente: Autores.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

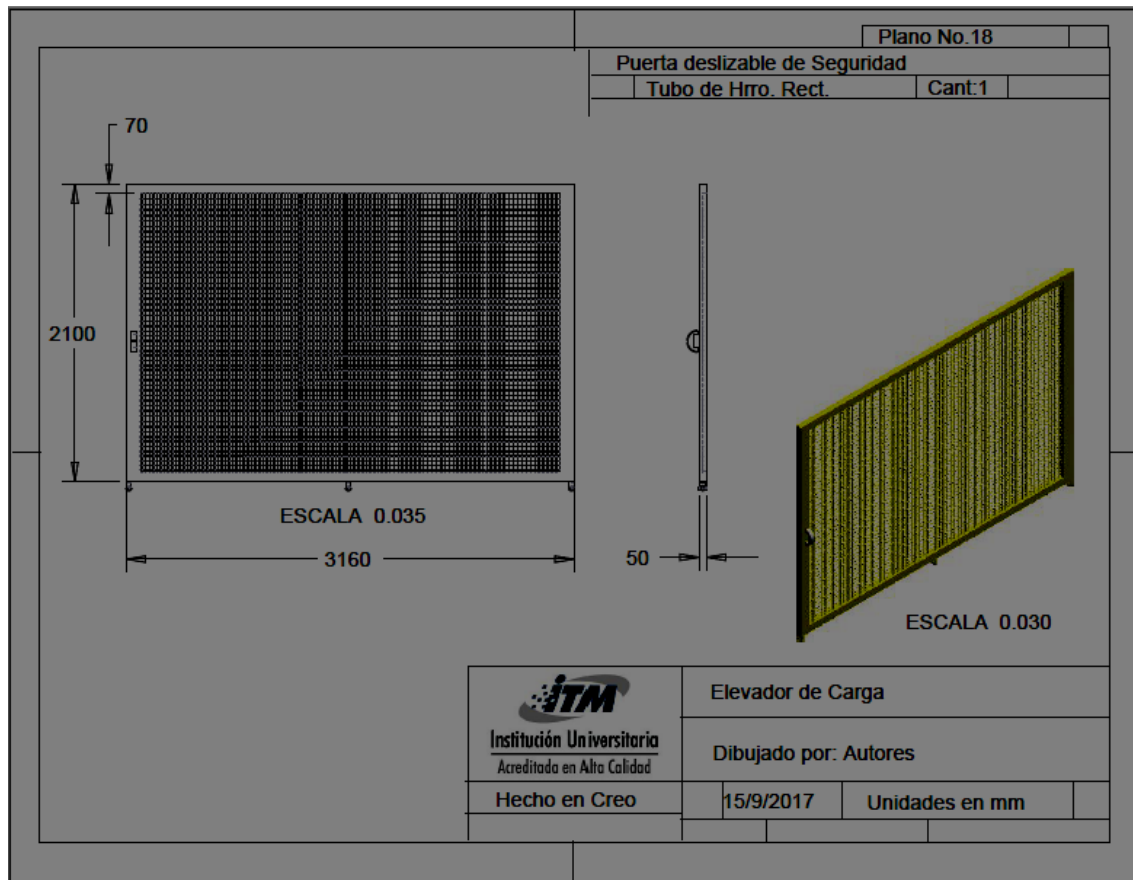


**Fig. 158.** Imagen renderizada: Ensamble Viga IPE 140-Rines. Fuente: Autores.

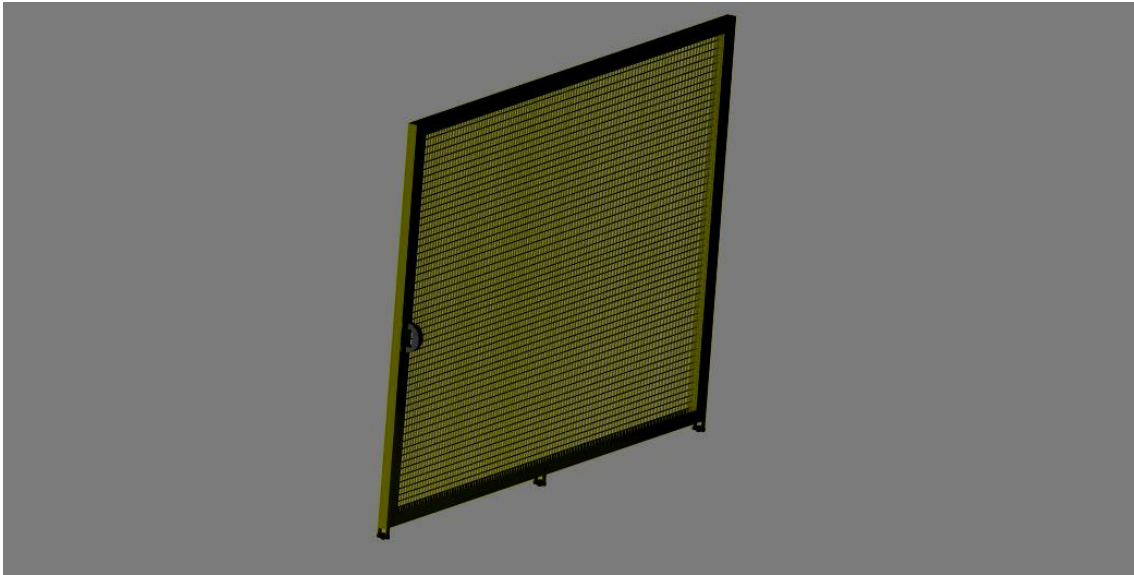
**Plano 18: Puerta deslizable de seguridad.**

La puerta deslizable de seguridad (Ver Fig. 159) son en realidad tres puertas que se localizan en cada nivel o planta con el objetivo de evitar accidentes o que cualquier operario o persona se acerque a la zona de operación del elevador.

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



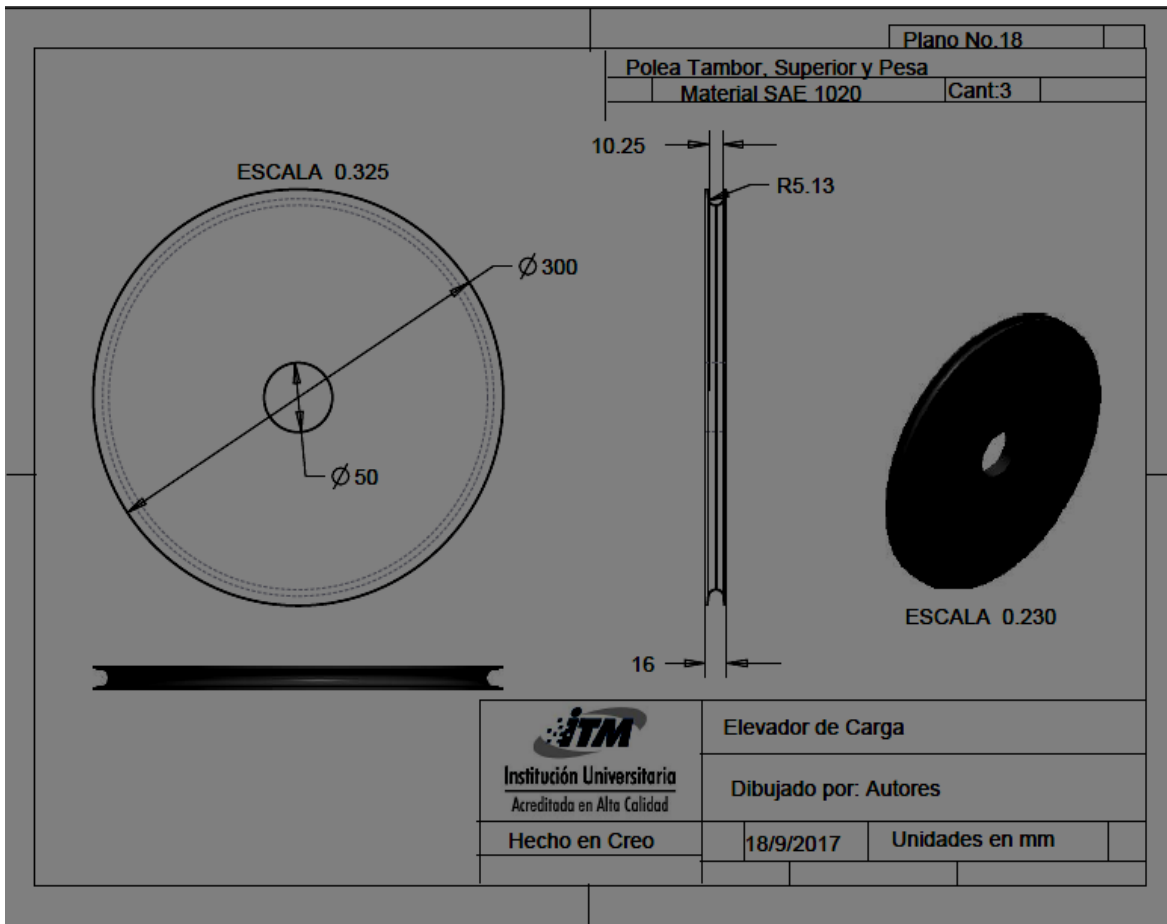
**Fig. 159.** Plano No.18: Puerta deslizable de Seguridad. Fuente: Autores.



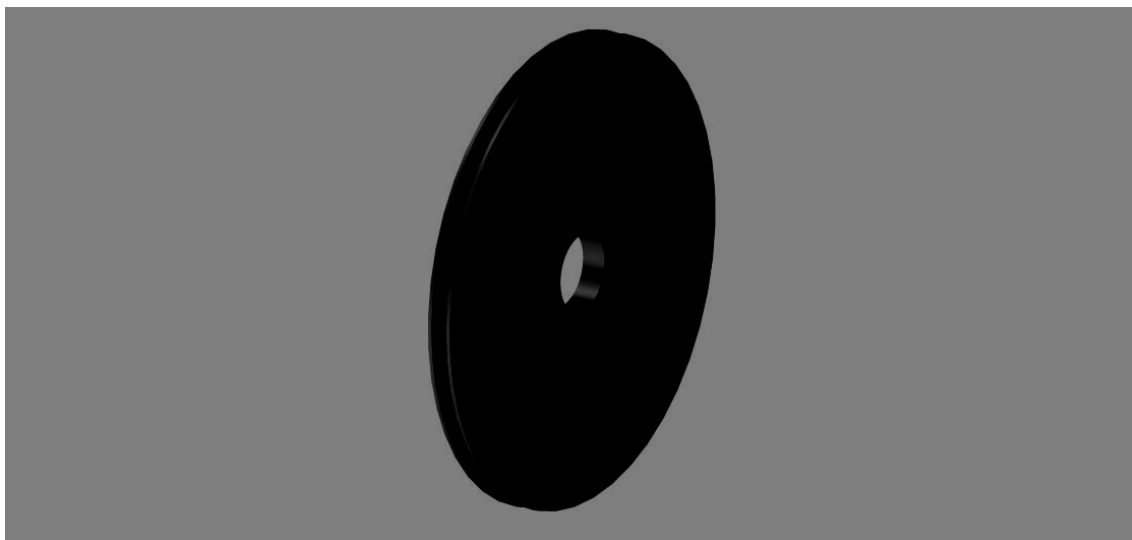
**Fig. 160.** Imagen renderizada: Puerta deslizable de Seguridad. Fuente: Autores.



 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 161.** Plano No.19: Poleas Tambor, Superior y Pesa. Fuente: Autores.



**Fig. 162.** Imagen renderizada: Polea Tambor, Superior y Pesa. Fuente: Autores.

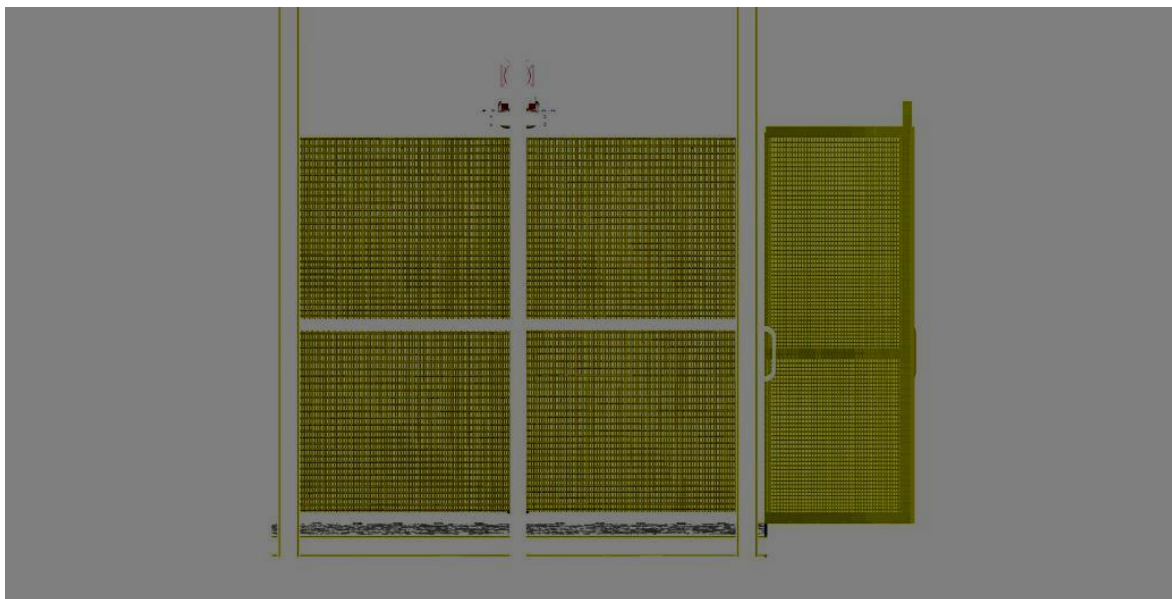
De las Figs. 162 a 166 se ofrecen los renderizados del conjunto elevador.



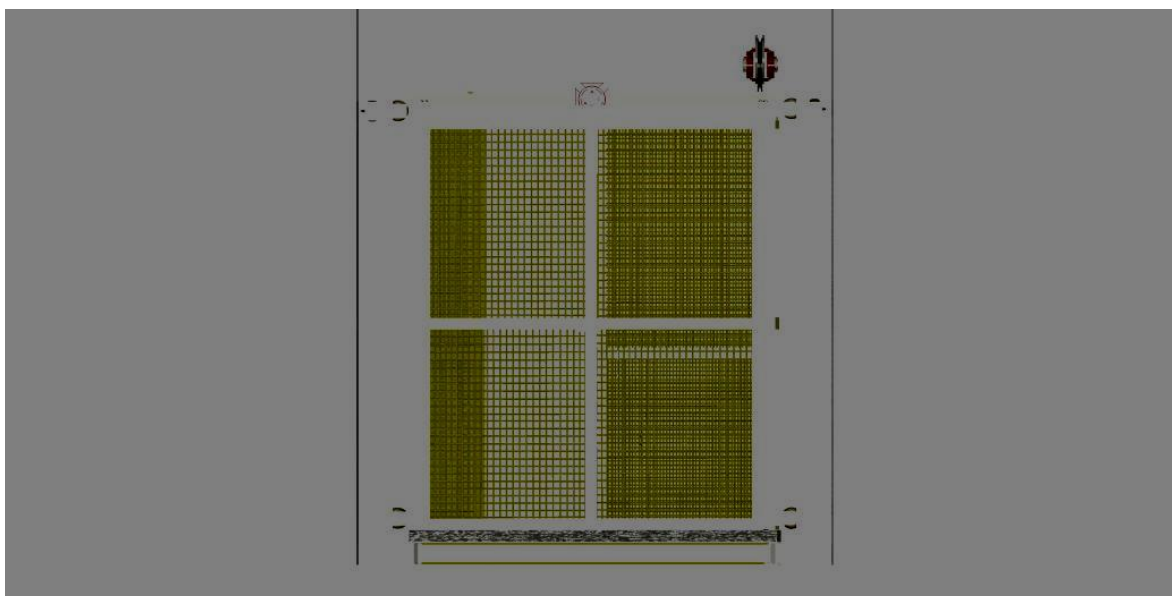
**Fig. 162.** Imagen renderizada: Conjunto elevador 1. Fuente: Autores.



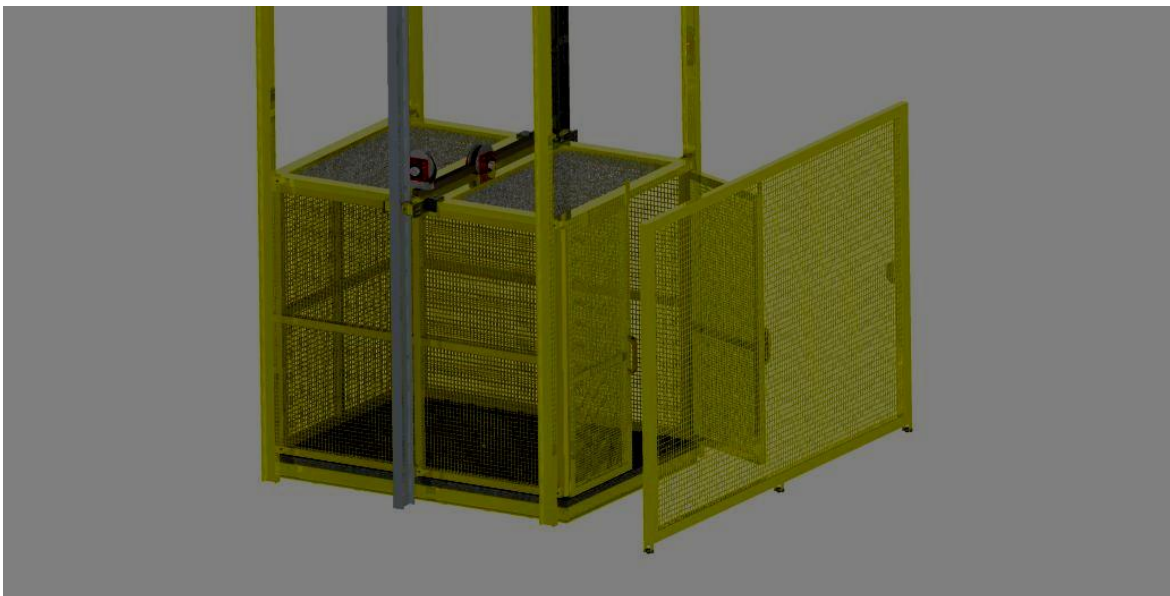
**Fig. 163.** Imagen renderizada: Conjunto elevador 2. Fuente: Autores.



**Fig. 164.** Imagen renderizada: Conjunto elevador 3. Fuente: Autores.



**Fig. 165.** Imagen renderizada: Conjunto elevador 4. Fuente: Autores.



**Fig. 166.** Imagen renderizada: Conjunto elevador 5. Fuente: Autores.

## 4.3 Cálculo y selección de componentes

En esta sección se plantea algunos cálculos necesarios para conocer las medidas del cable de elevación, poleas tractoras y tambor.

### 4.3.1 Cálculo de la potencia del motor y selección del reductor

En el capítulo 3 (Control Automático) se valoró la selección de un motor eléctrico marca SIEMENS. Sin embargo, aún se debe conocer si con la potencia prevista será suficiente para levantar la carga total del elevador. Esta sección presenta los cálculos imprescindibles para determinar la potencia necesaria del motor y selección del reductor.

El reductor cumple la función de variar la velocidad de entrada del motor, entregando a la salida una velocidad mucho menor. La ecuación (7) presenta la relación entre el par o torque y la potencia desarrollada por un motor.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$T = \frac{(HP * 716)}{rpm} \quad (7)$$

La ecuación (7) establece que cuando la velocidad de giro del motor o motorreductor es menor, el par desarrollado será mayor. Por otro lado, y de forma inversa, cuanto mayor sea la velocidad final del motor, el torque desarrollado será menor, independiente del valor de la potencia tanto en el primer como en el segundo caso.

Es importante tener claro esta idea, ya que todos los elevadores y ascensores eléctricos funcionan bajo este principio y, por ende, requieren de una baja velocidad con el fin de que el motorreductor pueda tener la suficiente fuerza torsional para levantar la carga.

Una forma básica para calcular la potencia necesaria del motor es calculando la energía potencial (ecuación 8) que debe ganar la cabina durante el recorrido.

$$E_p = m * g * h \quad (8)$$

Donde:

$$E_p = \text{Energía potencial}$$

$$m = \text{carga total del elevador}$$

$$h = \text{aceleración de la gravedad}$$

El peso estimado de la cabina se ha calculado en  $\approx 387kg$ . El peso máximo de elevación (carga a transportar) es un valor variable para cada recorrido, sin embargo, para los cálculos se considera el peso máximo que puede transportar, en este caso, se ha estimado su valor en  $\approx 268kg$ . Por lo tanto, se obtiene una carga total en el sistema de elevación de  $655kg$ .

Dentro los requisitos dimensionales de la cabina se debe considerar la carga nominal que puede soportar. En la Tabla 20 se muestra la relación de la superficie útil máxima de la cabina y la carga nominal.

**Tabla 20.** Requisitos dimensionales de la cabina. Fuente: ITC MIE-AEM-1 Artículo 8. Cabina y contrapeso

Carga Nominal (kg)	Superficie útil máxima de cabina ( $m^2$ )	Carga Nominal (kg)	Superficie útil máxima de cabina ( $m^2$ )
100	0.37	900	2.20
180	0.58	975	2.35
225	0.70	1000	2.40
300	0.90	1050	2.50
375	1.10	1125	2.65
400	1.17	1200	2.80
450	1.30	1250	2.90
525	1.45	1275	2.95
600	1.60	1350	3.10
630	1.66	1425	3.25
675	1.75	1500	3.40
750	1.90	1600	3.56
800	2.00	2000	4.20
825	2.00	2500	5.00

La superficie del elevador, según el plano de la plataforma cabina (Ver Fig. 107) presenta la siguiente superficie:

$$S = 2.2m * 1.58m(9)$$

$$S = 3.5m^2 \text{ (10)}$$

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para una superficie útil máxima de  $3.56m^2$  le corresponde una carga nominal de  $1600kg$ . Cumple y supera por ventaja los  $655kg$  de la cabina del elevador. Se ha decidido sobredimensionar la superficie con el fin promover mayor seguridad al personal, y aunque el sistema se ha diseñado para que ningún operario viaje dentro de la cabina, es importante contar con todas las previsiones necesarias.

$$Pesototaldeelevación = 655kg$$

$$Alturamáximadeelevación = 10m$$

$$Velocidaddeelevación = 23s$$

Por tanto:

$$Ep = (655kg * 9.81 \frac{m}{s^2}) * 10m = 64255.5joules(11)$$

$64255.5joules$  es el trabajo que realizará el motor. Por tanto, la potencia que se requiere para que el motor realice este trabajo en 23 s será:

$$P = \frac{64255.5joules}{23s} (12)$$

$$P = 2793.72W = 2.8kW = 3.75hp(13)$$

Otra forma de calcular la potencia que debe desarrollarse en el eje de salida del motorreductor es mediante la ecuación 14.

$$P = \frac{Q * v}{130} (14)$$

La ecuación 14 sugiere que cuanto mayor sea la carga total de elevación ( $Q$ ), mayor será la potencia requerida para moverla, y, por tanto, el torque será mayor. Se asume por norma

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

que la velocidad  $v$  es de un valor de  $\frac{0.5m}{s}$  siendo un valor que también puede influir significativamente en el valor total de la potencia.

Donde:

$$P = \text{Potencia mecánica (HP)}$$

$$Q = \text{Carga total de elevación}$$

$$v = \text{Velocidad}$$

$$130 = \text{Factor de conversión}$$

Por tanto, la potencia será:

$$P = \frac{655 \frac{kg * 0.5m}{s}}{130}$$

$$P = 2.52HP$$

Sin embargo, esta potencia debe multiplicarse por un factor de servicio para considerar las características del trabajo que se va a realizar. La Tabla 21 ofrece los valores típicos  $F_s$  que se presentan para distintos motores y según el tiempo de operación de la máquina.

**Tabla 21.** Factores de servicio. Fuente: <http://www3.fi.mdp.edu.ar>

Tipo de motor que acciona el reductor	Tiempo de operación ( $\frac{Horas}{día}$ )	Tipo de carga		
		Uniforme	Media	Con choques
Motor Eléctrico	2	0.9	1.1	1.5
	10	1.0	1.25	1.75
	24	1.25	1.50	2.00
	24	1.25	1.50	2.00
Motor de Combustión de varios cilindros	2	1.0	1.35	1.75
	10	1.25	1.50	2.00



	24	1.50	1.75	2.50
--	----	------	------	------

Por tanto, para una máquina que trabaja 10 horas diarias, y un tipo de carga media, se tiene entonces un factor de servicio de:

$$F_s = 1.25$$

$$P = 2.52 * 1.25$$

$$P = 3.15HP$$

Por previsión y diseño se contempló la elección de un motor con una potencia mayor en caso de dimensionar aún más el sistema de elevación en el futuro.

Se selecciona dentro del catálogo de SIEMENS (Ver Tabla 22) un motor de 4 polos y la potencia calculada.

**Tabla 22.** Motores trifásicos, 4 polos de SIEMENS. Fuente: Lista de precios Colombia. Productos eléctricos Industriales.

1800 RPM 4 polos Referencia	Nivel de Eficiencia	Tamaño Constructivo	Potencia		Eficiencia %	FS	Corriente (A)		Peso kg
			HP	kW			220V	440V	
1LA7 070-4YA60	-	71	0,5	0,4	63,6	1,15	1,9	0,9	5
1LA7 073-4YA60	-	71	0,75	0,6	64,0	1,15	2,9	1,4	6
1LA7 080-4YA60	IE1	80	1,0	0,7	64,2	1,15	3,5	1,7	8
1LA7 083-4YA60	IE1	80	1,5	1,1	65,9	1,15	5,0	2,5	9
1LA7 096-4YB60	IE1	90 L	2,0	1,5	82,3	1,15	6,6	3,3	15
1LA7 096-4YC60	IE1	90 L	2,4	1,8	81,5	1,15	7,4	3,7	15
1LA7 097-4YB60	IE1	90 L	3,0	2,2	83,0	1,15	8,6	4,3	16
<b>1LA7 112-4YB60</b>	<b>IE1</b>	<b>112 M</b>	<b>4</b>	<b>3,0</b>	<b>85,5</b>	<b>1,15</b>	<b>12,2</b>	<b>6,1</b>	<b>25</b>
1LA7 112-4YC60	IE1	112 M	5,0	3,7	85,3	1,15	15,8	7,9	25
1LA7 114-4YB60	IE1	112 M	6	4,5	85,7	1,05	18,0	9,0	28
1LA7 113-4YA60	IE0	112 M	6,6	4,9	78,0	1,05	19,6	9,8	29
1LA7 115-4YB60	IE1	112 M	7,5	5,6	87,5	1,15	20,0	10,0	30
1LA7 132-4YB70	IE1	132 S/M	10,0	7,5	88,3	1,15	24,4	12,2	52
1LA7 132-4YC70	IE1	132 S/M	12	9,0	88,1	1,15	34,0	17,0	52

1LA7 135-4YB70	IE1	132 S/M	15	11,2	89,8	1,15	43,0	21,5	61
1LA7 164-4YB70	IE1	160 M/L	20	14,9	90,9	1,15	55,6	27,8	79
1LA7 167-4YB70	IE1	160 M/L	25	18,7	91,8	1,15	66,0	33,0	89
1LA5 183-4YB80	IE1	180 M/L	30	22,4	91,8	1,05	78,0	39,0	130
1LA5 187-4YB80	IE1	180 M/L	40	29,8	92,5	1,05	104,0	52,0	140
1LA5 207-4YB80	IE1	200 L	50	37,3	92,5	1,15	126,0	63,0	191
1LA5 220-4YB80	IE1	225 S/M	60	44,8	93,0	1,15	144,0	72,0	226
1LA5 223-4YB80	IE1	225 S/M	75	56,0	94,1	1,15	200,0	100,0	242

Se necesita entonces un motor de potencia de  $4.0Hp$ . Significa por tanto que se debe recalcular el tipo de variador de frecuencia. En el capítulo 3 se había seleccionado un variador de frecuencia tipo SV150IG5A-4 para un valor sobredimensionado en la potencia del motor de  $15kW$ . En la Tabla 23 se selecciona el nuevo tipo de variador de acuerdo con la potencia recién calculada del motor.

**Tabla 23.** Tipos de Variadores de frecuencia LS. Fuente: Manual de usuario IG5A

Variador	[kW]	W [mm]	W1 [mm]	H [mm]	H1 [mm]	D [mm]	$\phi$	A [mm]	B [mm]	[Kg]
SV004iG5A-1	0,4	70	65,5	128	119	130	4,0	3,5	4,0	0,76
SV008iG5A-1	0,75	100	95,5	128	120	130	4,5	4,5	4,5	1,12
SV015iG5A-1	1,5	140	132	128	120,5	155	4,5	4,5	4,5	1,84
SV004iG5A-2	0,4	70	65,5	128	119	130	4,0	4,5	4,0	0,76
SV008iG5A-2	0,75	70	65,5	128	119	130	4,0	4,5	4,0	0,77
SV015iG5A-2	1,5	100	95,5	128	120	130	4,5	4,5	4,5	1,12
SV004iG5A-4	0,4	70	65,5	128	119	130	4,0	4,5	4,0	0,76
SV008iG5A-4	0,75	70	65,5	128	119	130	4,0	4,5	4,0	0,77
SV015iG5A-4	1,5	100	95,5	128	120	130	4,5	4,5	4,5	1,12
SV022iG5A-4	2,2	140	132	128	120,5	155	4,5	4,5	4,5	1,84
SV037iG5A-4	3,7	140	132	128	120,5	155	4,5	4,5	4,5	1,89
<b>SV040iG5A-4</b>	<b>4,0</b>	140	132	128	120,5	155	4,5	4,5	4,5	1,89
SV055iG5A-4	5,5	180	170	220	210	170	4,5	5,0	4,5	3,66
SV075iG5A-4	7,5	180	170	220	210	170	4,5	5,0	4,5	3,66
SV150iG5A-4	15,0	235	219	320	304	189,5	7,0	8,0	7,0	9,0
SV185iG5A-4	18,5	260	240	410	392	208,5	10,0	10,0	10,0	13,3
SV220iG5A-4	22,0	260	240	410	392	208,5	10,0	10,0	10,0	13,3

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El variador de frecuencia seleccionado para la aplicación fue SV040iG5A-4.

A continuación, se calcula el torque necesario para mover la carga. De la ecuación (7):

$$T = \frac{P * 716}{rpm} (kg.m)(7)$$

Donde:

$T = Torque$

$P = Potenciamecánica(HP)$

$n = Velocidaddegirodelmotorreductor(rpm)$

Se requiere que la relación de reducción en el motorreductor sea de 40:1

Por tanto, la velocidad a la salida del reductor será:

$$\frac{1800}{40} = 45rpm$$

El par por desarrollarse en el eje de salida del reductor será:

$$T = \frac{4 * 716}{45}$$

$$T = 63.64kg.m$$

Con esto queda definido tanto el motor como el reductor utilizado en la aplicación de la siguiente forma:

1 motor SIEMENS de 4 polos, 4 HP tipo 1LA7 112-4YB60.

1 reductor tipo sinfín corona con una relación de reducción de 40:1 y velocidad de salida de 45 rpm.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

#### 4.3.2 Cálculo del cable de elevación

Para el cálculo del cable de elevación debe considerarse la tracción máxima ( $T$ ) y la carga de rotura ( $Q_r$ )

La ecuación 15 plantea la tracción  $T_t$  al que debe estar sometido el cable.

$$T_t = Q_e + Q_c + Fa(15)$$

Donde:

$T_t$ : Tracción máxima del cable

$Q_e$ : Peso de cabina y carga

$Q_c$ : Peso del cable

$Fa$ : Fuerza debida a la aceleración

$$Q_e = \text{Peso cabina} + \text{Peso de la carga} = (387 + 268) \text{kgf}$$

$$Q_e = 655 \text{kgf}$$

Con la ecuación (16) se calcula la aceleración que actúa en el elevador

$$a = \frac{v^2}{2 * h} (16)$$

$$a = \frac{\left(\frac{0.5m}{s}\right)^2}{2 * 10m}$$

$$a = 0.0125 \frac{m}{s^2}$$

Para la fuerza de aceleración, se utiliza la ecuación (17)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$Fa = \frac{Q_e}{g} * a(17)$$

$$Fa = \frac{(655)kgf}{(9.81)m/s^2} * 0.0125 m/s^2$$

$$Fa = 0.834kgf$$

La tracción parcial del cable, sin considerar aún el peso del mismo, es:

$$T_t = (655 + 0.834)kgf = 655.834kg$$

Antes de calcular el peso del cable, es necesario conocer su diámetro. Para esto se considera el tipo de aplicación al que será sometido y los coeficientes de seguridad que se recomiendan incluir en el cálculo. En las Tablas 24 y 25 se anexan los coeficientes de seguridad S y K de acuerdo con el tipo de cable y modo de operación.

**Tabla 24.** Coeficiente de seguridad según el tipo de cable. Fuente: Norma NEO 1.

<b>Aplicación</b>	<b>S</b>
Cables fijos, de puentes colgantes	3-4
Cables tractores para teleféricos	5-7
Cables Carriles para periféricos	3-5
Cables de labor, elevación y guías	5-9
Cables para instalaciones importantes	8-12
Cables para transporte de personal	8-12
Cables para planos inclinados	5-8
Cables para pozos de extracción	8-12
Cables para ascensores	12-22
Cables para cabestrantes	4-6
Cables para montacargas	8-12

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

De acuerdo con la Tabla 24, el coeficiente de seguridad para una aplicación con cables para montacargas se encuentra en un valor entre 8 y 12.

**Tabla 25.** Coeficiente de seguridad según el servicio. Fuente: Norma NEO 1.

Servicio	K
Cargas parciales y servicio poco frecuente	0.32-0.34
Cargas totales y servicio normal	0.34-0.36
Cargas totales y servicio frecuente	0.36-0.39

De acuerdo con la Tabla 25, el coeficiente de seguridad para un servicio de cargas totales se encuentra en un valor entre 0.34 y 0.36.

Con la Tabla 24 se determina el diámetro del cable a partir de la ecuación (18)

$$d = K\sqrt{T_t}(18)$$

Donde:

*d*: diámetro del cable

*K*: Coeficiente de seguridad para el cable

*T<sub>t</sub>*: Tracción máxima del cable

Si bien el elevador no opera constantemente con cargas totales, se tomó un coeficiente K de 0.36 para un tipo de servicio normal.

Por tanto, el diámetro del cable fue:

$$d = 0.36\sqrt{655.834}$$

$$d = 9.22\text{mm}$$

En la Tabla 26 se verifica si existe comercialmente un diámetro de 9,22 mm para cables de acero especiales para elevadores. Si no existe, se selecciona el diámetro más cercano.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Tabla 26.** Cables de acero elevadores. Fuente: [www.bezabala.com](http://www.bezabala.com)

Código	Diámetro (mm)	Peso (kg/m)	Carga de rotura (kg)
100625MNND08 A	8	0.267	4200
100625MNND09 A	9	0.339	5310
100625MNND10 A	10	0.418	6570
100625MNND11 A	11	0.506	7950
100625MNND12 A	12	0.602	9450
100625MNND13 A	13	0.707	11100
100625MNND14 A	14	0.82	12900
100625MNND15 A	15	0.941	14800
100625MNND16 A	16	1.07	16800

Según la Tabla 26, el diámetro más cercano es de  $D = 9\text{mm}$  con una carga de rotura de  $5310\text{kg}$ .

De esta forma se seleccionó un cable de acero  $6X19$  Común (6 torones y 19 alambres por cada torón) 100625MNND09A de  $9\text{mm}$ .

A continuación, se calculó la tensión máxima del cable, teniendo en cuenta la tracción parcial ( $T_t$ ) antes calculada y el rendimiento  $\eta$  del elevador.

$$= \frac{T_t}{\eta} \quad (19)$$

Donde:

= Tensión máxima que soporta el cable

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$T_t = \text{Tracción parcial calculada para el cable}$

$\eta = \text{Rendimiento del elevador } (0.75 < \eta < 0.95)$

Se asume un rendimiento  $\eta = 0.95$

Por tanto:

$$= \frac{655.834}{0.95}$$

$$= 690.35 \text{ kgf}$$

Con la ecuación (20) se determina la carga de rotura  $Q_r$  del cable:

$$Q_r = S * (20)$$

De la Tabla 24 se selecciona un coeficiente  $S = 8$  para un tipo de aplicación de cables sometidos a cargas totales y servicio normal.

$$Q_r = 8 * 690.35 \text{ kgf}$$

$$Q_r = 5522.8 \text{ kgf}$$

La carga de rotura ~~no~~ no es un valor normalizado, por lo que se debe comprobar si existe para un cable de acero de 9 mm este tipo de carga de rotura. En la Tabla 27 se verifica este valor.

**Tabla 27.** Carga de rotura para cables de acero. Fuente: [www.bezabala.com](http://www.bezabala.com)

Código	Diámetro (mm)	Peso (kg/m)	Carga de rotura (kg)
100625MNND08 A	8	0.267	4200
100625MNND09 A	9	0.339	5310
100625MNND10 A	10	0.418	6570
100625MNND11 A	11	0.506	7950



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

100625MNND12 A	12	0.602	9450
100625MNND13 A	13	0.707	11100
100625MNND14 A	14	0.82	12900
100625MNND15 A	15	0.941	14800
100625MNND16 A	16	1.07	16800

De acuerdo con la Tabla 27, no se cumple con la carga de rotura  $Q_r$  para el diámetro seleccionado. En este caso, y de acuerdo con la Tabla 27, es necesario seleccionar un diámetro de cable un valor por encima ( $D = 10mm$ ) con el fin de garantizar un óptimo funcionamiento del sistema.

De este modo, el nuevo cable seleccionado corresponde a *6X19Común(6toronesy19alambresporcadatorón)100625MNND010A* de 10mm.

$$\text{Pesodelcable: } 0.418 \frac{kg}{m}$$

*Alturadeelevación: 10m*

Sin embargo, la longitud del cable debe ser entre 3 y 4 veces la altura de elevación. Se considera, por tanto, una longitud del cable de 38 m.

Por lo cual, el peso total  $Q_c$  del cable fue:

$$Q_c = 0.418 \frac{kg}{m} * 38m$$

$$Q_c = 15.884kgf$$

Finalmente, la tracción total  $T_t$  del cable fue:

$$T_t = Q_e + Q_c + Fa$$

$$T_t = (655 + 15.884 + 0.834)kgf$$

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$T_t = 671.72 \text{kgf}$$

#### 4.3.3 Cálculo del diámetro del tambor

Para el diámetro del tambor, se calcula a partir del tipo de cable seleccionado (Ver Tabla 28)

**Tabla 28.** Diámetros recomendados del tambor en función del diámetro del cable. Fuente:

www.induferro.com

Tipo de cable	Diámetro recomendado	Diámetro mínimo
6 x 7	$D = 72x\text{delcable}$	$D = 42x\text{delcable}$
6 x 19 Seale	$D = 52x\text{delcable}$	$D = 34x\text{delcable}$
6 x 19 Común	$D = 39x\text{delcable}$	$D = 26x\text{delcable}$
18 x 7	$D = 51x\text{delcable}$	$D = 34x\text{delcable}$
6 x 25 Filler	$D = 39x\text{delcable}$	$D = 26x\text{delcable}$
6 x 36 Warrington-Seale	$D = 34x\text{delcable}$	$D = 23x\text{delcable}$
6 x 37 Común	$D = 27x\text{delcable}$	$D = 18x\text{delcable}$
6 x 41 Warrington-Seale	$D = 31x\text{delcable}$	$D = 20x\text{delcable}$

De acuerdo con la Tabla 28, para un cable 6 x 19 Común, se tiene que:

$$D_{\text{tambor}} = 10\text{mm} * 39$$

$$D_{\text{tambor}} = 390\text{mm}$$

Sin embargo, como el valor puede variar entre uno recomendado y otro mínimo, para la aplicación se seleccionó un tambor con diámetro de 400 mm y un largo de 600 mm

$$D_{\text{tamborseleccionado}} = 400\text{mm}$$

#### 4.3.4 Cálculo de poleas

Para la transmisión de esfuerzo se utilizaron poleas tractoras de canal en V. un extremo del cable de elevación se encuentra unido a estas poleas de la cabina, mientras el otro se halla sosteniendo el contrapeso. La carga generada en el cable provoca una tensión, y esta a su vez transmite una fuerza de fricción sobre la polea capaz de generar movimiento.

Con la Tabla 29 se determina el diámetro mínimo de las poleas tractoras de la cabina en función del diámetro del cable de elevación previamente calculado.

**Tabla 29.** Diámetros recomendados para las poleas tractoras en función del diámetro del cable. Fuente: [www.induferro.com](http://www.induferro.com)

Tipo de cable	Diámetro recomendado	Diámetro mínimo
6 x 7	$D = 72x\text{ddelcable}$	$D = 42x\text{ddelcable}$
6 x 19 Seale	$D = 52x\text{ddelcable}$	$D = 34x\text{ddelcable}$
6 x 19 Común	$D = 39x\text{ddelcable}$	$D = 26x\text{ddelcable}$
18 x 7	$D = 51x\text{ddelcable}$	$D = 34x\text{ddelcable}$
6 x 25 Filler	$D = 39x\text{ddelcable}$	$D = 26x\text{ddelcable}$
6 x 36 Warrington-Seale	$D = 34x\text{ddelcable}$	$D = 23x\text{ddelcable}$
6 x 37 Común	$D = 27x\text{ddelcable}$	$D = 18x\text{ddelcable}$
6 x 41 Warrington-Seale	$D = 31x\text{ddelcable}$	$D = 20x\text{ddelcable}$

De acuerdo con la Tabla 29, para un cable 6 x 19 Común, se tiene que:

$$D_{\text{Poleas/cabina}} = 10\text{mm} * 26$$

$$D_{\text{Poleas/cabina}} = 260\text{mm}$$

#### 4.3.5 Cálculo del contrapeso

El contrapeso es un elemento de compensación de fuerzas para el elevador y una ayuda extra para el par del motor. La dirección de desplazamiento del contrapeso es opuesta y

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

paralela al elevador, lo que produce que las fuerzas sean opuestas y se neutralicen con el efecto de la gravedad.

Para el cálculo del contrapeso en el presente trabajo, se tuvo en cuenta el peso estimado de la cabina, la carga útil de operación o de transporte, y además un factor de compensación. Generalmente este factor se toma entre el 40 y el 50% de la carga.

Por lo tanto, la masa del contrapeso se determina a partir de la ecuación (21)

$$m_c = m_{cabina} + 0.40(m_u) \quad (21)$$

Donde:

$m_c$ : Masadelcontrapeso

$m_{cabina}$ : Pesodelacabina

$m_u$ : Cargaútildeoperación

$$m_c = [387 + 0.40(268)]$$

$$m_c = 494.2kg$$

Se seleccionó por tanto un contrapeso comercial de especificación W82500. Como la masa del contrapeso calculado no es un valor comercial, se seleccionó el más cercano en la Tabla 30. (Contrapeso W82500 de 500 Kg.)

**Tabla 30.** Contrapeso para Elevadores. Fuente: Made, Torres y Herrajes.

Referencia	Peso (Kg)
W82100	100

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

W82150	150
W82200	200
W82250	250
W82300	300
W82350	350
W82400	400
W82450	450
W82500	500
W82550	550
W82600	600

De este modo, según la Tabla 30, se seleccionó un contrapeso con referencia W82500.

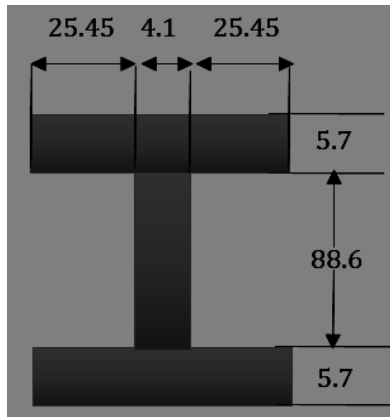
	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y SIMULACIÓN

Este apartado presenta los análisis estructurales necesarios para determinar el comportamiento del sistema a partir de diferentes factores como esfuerzos por flexión. La mayor parte de este análisis se realizó con la ayuda de Solid Works. Con esta valiosa herramienta se logró procesar los datos de entrada que intervienen en el sistema, principalmente se tratan de fuerzas, con la finalidad de representar determinados efectos reales que se producen. Vale aclarar que el objetivo de esta última sección del trabajo es determinar que se cumpla con el factor de seguridad  $FDS$  sugerido para cualquier material sometido a cargas constantes. Normalmente este valor debe ser mayor a 1.0 para evitar alguna falla en el sistema. Si no se cumple con esta condición se deberá entonces rediseñar los elementos que sean necesarios, como aumentar el área superficial de la cabina, utilizar otro tipo de material o lo que sea necesario hasta que se cumpla finalmente con las condiciones requeridas de diseño.

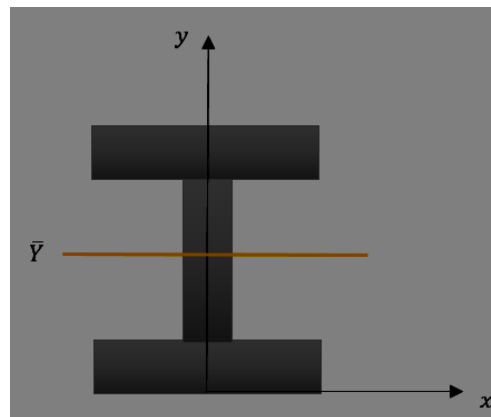
### 5.1 Cálculo de esfuerzos por flexión

Tomando uno de los perfiles (IPE 100) de la Fig. 167, y que conforma la estructura de la plataforma de la cabina, se analizó la ecuación que representa la máxima flexión debida a una carga de diseño.



**Fig. 167.** Perfil IPE 100. Fuente: Autores

Es necesario calcular el centroide ( $\bar{Y}$ ) de la sección transversal (Ver Fig. 168) para determinar el punto en donde las moléculas del material no sufren ninguna deformación, o donde su esfuerzo es cero. Para esto, se dividió la sección en tres figuras geométricas conocidas (Ver Fig. 169), y mediante la Tabla 31 se calculó el centroide ( $\bar{y}$ ) de cada figura.



**Fig. 168.** Centroide del Perfil IPE 100. Fuente: Autores

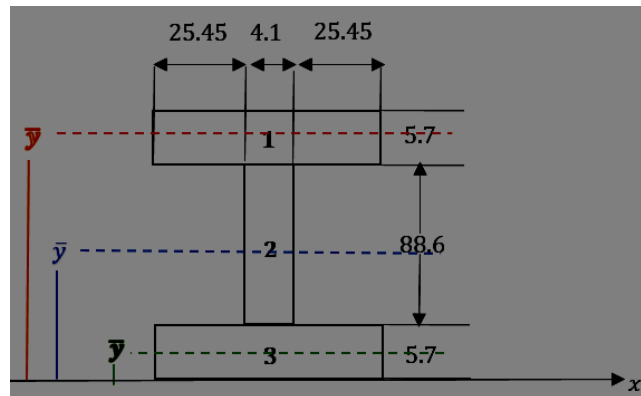


Fig. 169. Centroides de cada figura geométrica de la sección. Fuente: Autores

Tabla 31. Cálculos del centroide de cada sección de la figura. Fuente: Autores.

Figura	Área (mm <sup>2</sup> )	y'(mm)	A * y'(mm <sup>3</sup> )
1	313.5	97.15	30456.525
2	363.26	50	18163
3	313.5	2.85	893.475
	ΣA = 990.26		A * y' = 49513 Σ

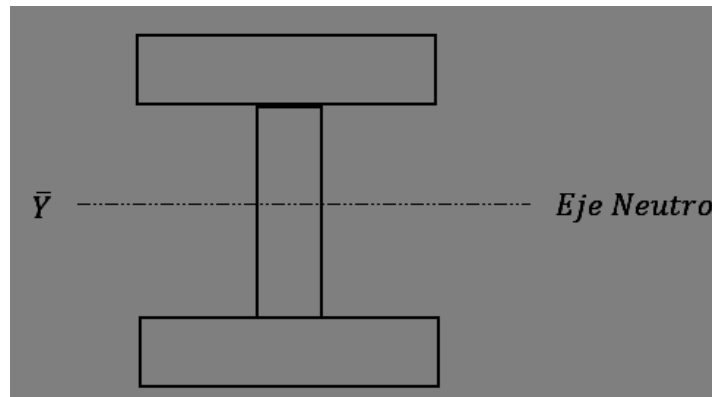
Por tanto, el centroide de toda la sección transversal viene expresada mediante la ecuación (22)

$$\bar{Y} = \frac{\sum A * y'}{\sum A} \quad (22)$$

$$\bar{Y} = \frac{49513 \text{mm}^3}{990.26 \text{mm}^2}$$

$\bar{Y} = 50 \text{mm}$  Es el centroide o eje neutro de la sección (Fig. 170)





**Fig. 170.** Centroides de cada figura geométrica de la sección. Fuente: Autores

Momento de inercia de la sección transversal:

$$I_{X'} = \frac{1}{12} * b * h^3 + A * d^2 \quad (23)$$

Donde:

$I_{X'}$ : Momento de inercia de la sección, respecto a  $x$

$b$ : base de la figura geométrica evaluada

$h$ : altura de la figura geométrica

$A$ : área

$d$ : distancia entre eje neutro de toda la figura y eje de la figura evaluada

$$I_{X'} = \frac{1}{12} * 55\text{mm} * (5.7\text{mm})^3 + 313.5\text{mm}^2 * (47.15\text{mm})^2 + \frac{1}{12} * 4.1\text{mm} * (88.6\text{mm})^3 + \frac{1}{12} * 55\text{mm} * (5.7\text{mm})^3 + 313.5\text{mm}^2 * (47.15\text{mm})^2$$

$$I_{X'} = (848.80125 + 696948.9038 + 237631.37246 + 848.80125 + 696948.9038)\text{mm}^4$$

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22


$$I_{X'} = 1633226.782 \frac{mm^4 * 0.0001cm^4}{1mm^4}$$

$$I_{X'} = 163.32cm^4$$

Este valor de  $I_{X'}$  es teórico, ya que no se tuvo en cuenta el radio de la sección transversal del perfil. En la Tabla 32 se determina el valor real del momento de inercia para un perfil IPE 100.

**Tabla 32.** Perfiles IPE. Fuente: <https://www.metaza.com.co/media/vigas.pdf>

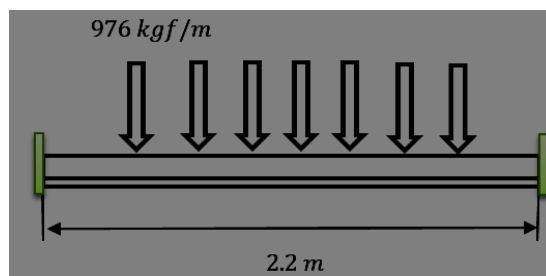
IPE	Momento de inercia ( $cm^4$ )		Módulo resistente ( $cm^3$ )		Radio de giro ( $cm$ )	
	$I_x$	$I_y$	$W_x$	$W_y$	$i_x$	$i_y$
Perfil						
80	80.1	8.49	20.0	3.69	3.24	1.05
100	171	15.9	34.2	5.79	4.07	1.24
120	318	27.7	53.0	8.65	4.90	1.45
140	541	44.9	77.3	12.30	5.74	1.65
160	869	68.3	109.0	16.70	6.58	1.84
180	1320	101	146.0	22.20	7.43	2.05
200	1940	142	194.0	28.50	8.25	2.24
220	2770	205	252	37.30	9.11	2.48
240	3890	284	324	47.30	9.97	2.70
270	5790	420	429	62.20	11.23	3.02
300	8360	604.0	557	80.50	12.47	3.35
330	11770	788.0	713	98.5	13.70	3.55
360	16270	1040.0	904	123	14.96	3.78
400	23130	1320	1160	146	16.54	3.95
450	33740	1680	1500	176	18.48	4.12
500	48200	2140	1930	214	20.38	4.30
550	67120	2670	2440	254	22.38	4.77

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>		Código	FDE 089		
			Versión	03		
			Fecha	2015-01-22		
600	92080	3387	3070	308	24.3	4.66

De la Tabla 32 se observa que para un perfil IPE 100 le corresponde un momento de inercia de:

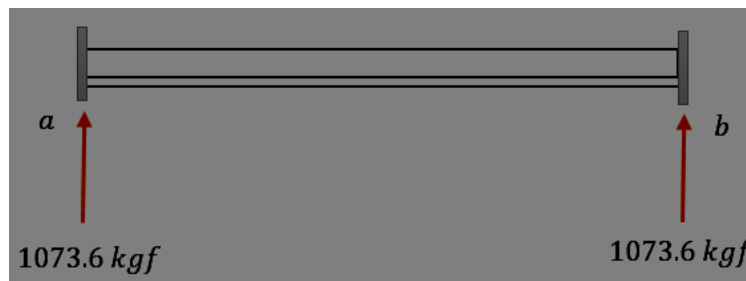
$$I_{X'} = 171\text{cm}^4$$

Para el siguiente análisis estático se considera la viga de perfil IPE 100 de 2.2m de largo, y una carga teórica uniformemente distribuida de  $P = 976 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$  (Ver Fig. 171). En el análisis se busca determinar el modo de máxima deformación en la viga por el método de doble integración. Este modelo sirve para comprender cómo se flexiona la viga debida a una carga.



**Fig. 171.** Viga IPE 100 soldada en ambos extremos. Fuente: Autores.

Al ser una viga empotrada en ambos extremos, solo se producen dos reacciones como se muestra en la Fig. 172.



**Fig. 172.** Reacciones producidas en la viga. Fuente: Autores.

De la Fig. 171 se tiene que las reacciones en el punto a y b corresponden al producto de la carga por la longitud, dividida entre la mitad de dicha distancia:

$$R_{a,b} = \frac{976 \text{kgf} * 2.2\text{m}}{2\text{m}}$$

$$R_{a,b} = 1073.6 \text{kgf}$$

$$EI\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right) = M(24)$$

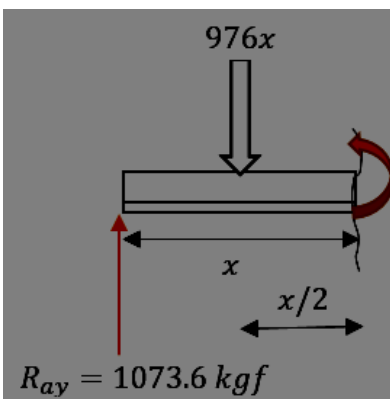
Donde:

*E*: Módulo de elasticidad del material

*I*: Momento de inercia de la sección

*M*: Momento flector

Haciendo un corte en una zona de la viga y tomando la sección izquierda de la misma (Ver Fig. 173) se realiza el siguiente análisis:



**Fig. 173.** Corte de una porción de la viga. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$-1073.6x + 976x\left(\frac{x}{2}\right) - M = 0$$

$$M = 1073.6x - 976x\left(\frac{x}{2}\right)$$

$$EI\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right) = 1073.6x - \frac{976x^2}{2}$$

Integrando dos veces la ecuación de momento anterior:

$$EI\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right) = \int 1073.6x dx - \int \frac{976x^2}{2} dx$$

$$EI\left(\frac{dy}{dx}\right) = 536.8x^2 - \frac{488x^3}{3} + C_1 \text{ (Ecuación de la pendiente)}$$

Integrando la ecuación de la pendiente anterior:

$$EIy = 178.93x^3 - \frac{122x^4}{3} + C_1x + C_2 \text{ (Ecuación de deformación)}$$

Las constantes de integración  $C_1$  y  $C_2$  se calculan mediante las condiciones de contorno (Ver Fig. 174)

$$\text{Para } x = 0, y = 0 \therefore C_2 = 0$$

$$\text{Para } x = 2.2m, y = 0 \therefore C_1 \neq 0$$



**Fig. 174.** Condiciones de contorno para la viga. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

De la ecuación de deformación se evalúa cuando  $x = 2.2m$

$$0 = 178.93(2.2)^3 - \frac{122(2.2)^4}{3} + C_1(2.2)$$

$$0 = 1905.246 - 952.641 + C_1(2.2)$$

Despejando la constante de integración  $C_1$ :

$$C_1(2.2) = -1905.246 + 952.641$$

$$C_1(2.2) = -952.605$$

$$C_1 = \frac{-952.605}{2.2}$$

$$C_1 = -433.002$$

Reemplazando  $C_1$  en la ecuación de deformación:

$$Ely = 178.93x^3 - \frac{122x^4}{3} - 433.002x$$

Evaluando:

$$EI = \text{const}, x = 1.1m (\text{Es donde se producirá la de deformación máxima de la viga})$$

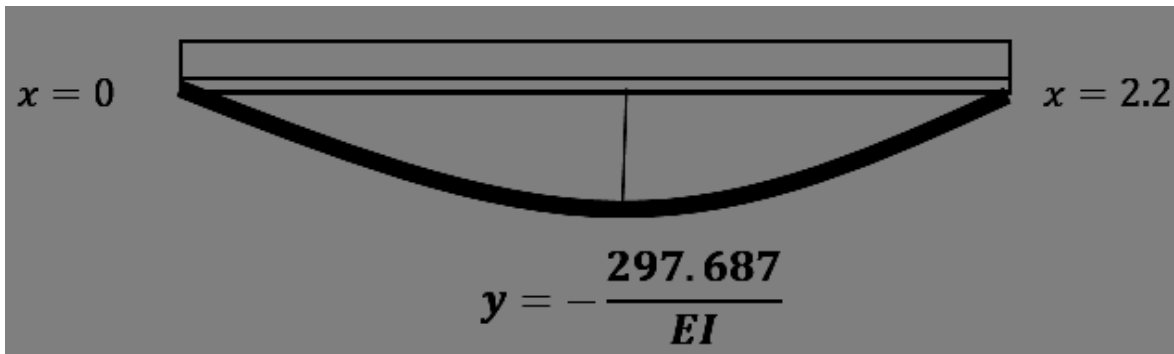
Por tanto, si la máxima deformación se produce en el centro de la viga, entonces evaluando para  $x = 1.1$ :

$$Ely = 178.93(1.1)^3 - \frac{122(1.1)^4}{3} - 433.002(1.1)$$

$$Ely = 238.155 - 59.540 - 476.302$$

$$Ely = -297.687$$

$$y = \frac{-297.687}{EI} (\text{Ecuación del punto donde se produce la máxima de deformación}) (\text{Fig. 175})$$



**Fig. 175.** Punto de máxima deformación del material. Fuente: Autores.

## 5.2 Simulación de esfuerzos

Al realizar la simulación de esfuerzos, se tuvo en cuenta la carga teórica de diseño. Esta carga se encuentra por encima de la carga de trabajo real con la que funciona el sistema y se tomó como un margen de seguridad. En este punto del trabajo se prestó especial atención al comportamiento que tiene zonas tan importantes del elevador como lo es la plataforma, donde se producen los principales esfuerzos debido a la carga misma de la cabina, y a la carga de elevación. La simulación fue realizada en el software de diseño Solid Works 2016. Como se mencionó al principio de este capítulo, el objetivo final fue determinar el factor de seguridad del sistema y garantizar su correcto funcionamiento bajo las cargas definidas para su operación. La ecuación (25) define el factor de seguridad como el cociente entre el límite elástico de un material y la carga real al que será sometido.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Mises}} \quad (25)$$

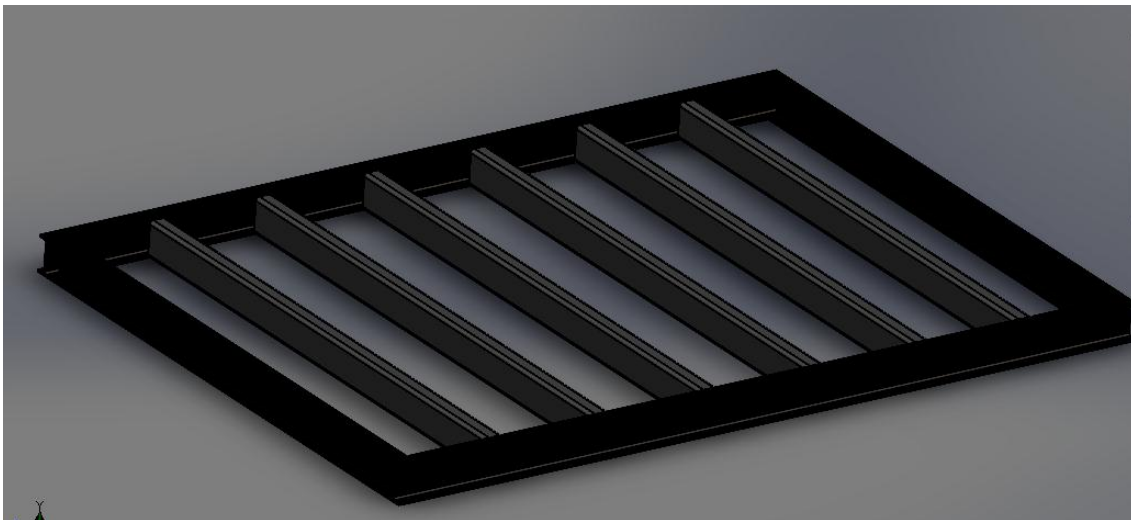
### 5.2.1 Análisis de la estructura y la plataforma

Se analizó en primera instancia los esfuerzos resultantes en el armazón que soporta la plataforma. Para realizar el análisis se consideró los siguientes factores:

- Material objeto de estudio
- Restricciones en la geometría del material
- Carga de diseño en Newton ( $N$ )

Para definir el tipo de material, Solid Works provee una extensa biblioteca con estándares internacionales. En caso de no hallarse el tipo de aleación deseada, se puede modificar las condiciones de uno existente y guardarlo en la biblioteca para futuros análisis.

Como se indicó en el capítulo 4 (Diseño), el armazón de la plataforma viene formada por 4 vigas de perfil IPE 100 y 6 tubos rectangulares 4x2(Ver Fig.176)

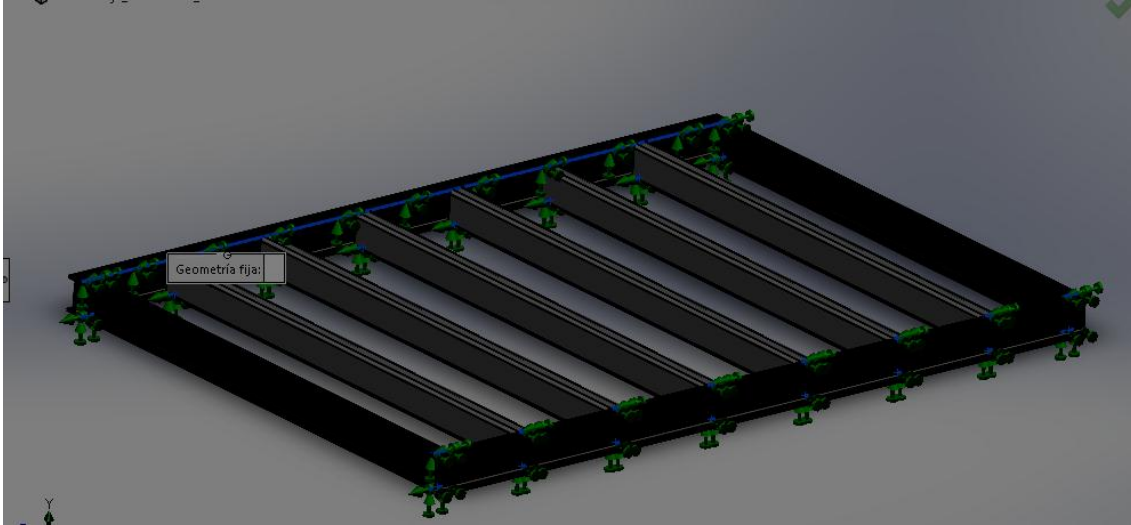


**Fig. 176.** Armazón de la plataforma-cabina. Fuente: Autores.

Se definen las restricciones del elemento a analizar mediante la opción de ‘geometría fija’ (Ver Fig.177). Estas restricciones corresponden a la soldadura realizada en el armazón o estructura soporte de la plataforma de la cabina. Estos puntos fijos son importantes ya que



el resultado final del análisis podría influir en reacciones no correspondidas con el sistema real.



**Fig. 177.** Definición de las restricciones en la estructura-plataforma. Fuente: Autores.

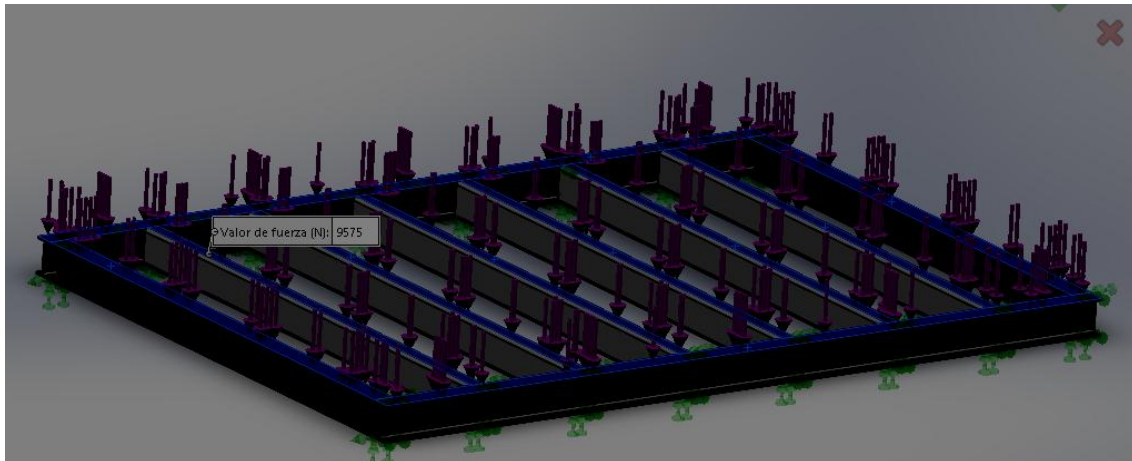
Se define la misma carga estudiada en la sección 5.1 ( $976\text{kgf}$  como carga de diseño. Como el software solo admite valores en Newton ( $N$  se hace la conversión multiplicando por la aceleración de la gravedad:

$$Cargadediseño = 976\text{kgf} * 9.81\text{ m/s}^2$$

$$Cargadediseño = 9575\text{N}$$

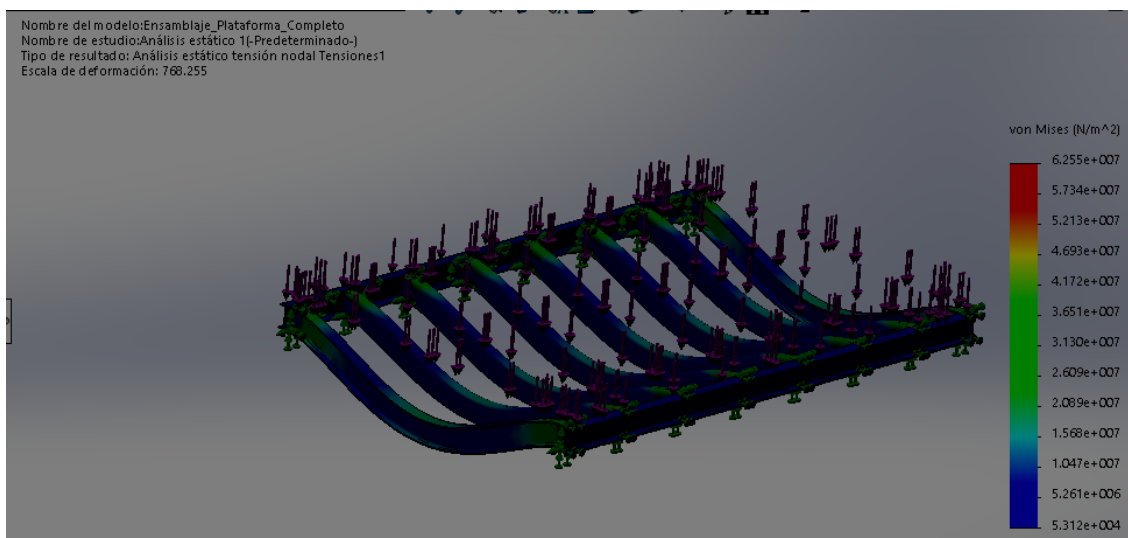
La Fig. 178 muestra la distribución de esta carga de forma perpendicular a la estructura objeto de estudio.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



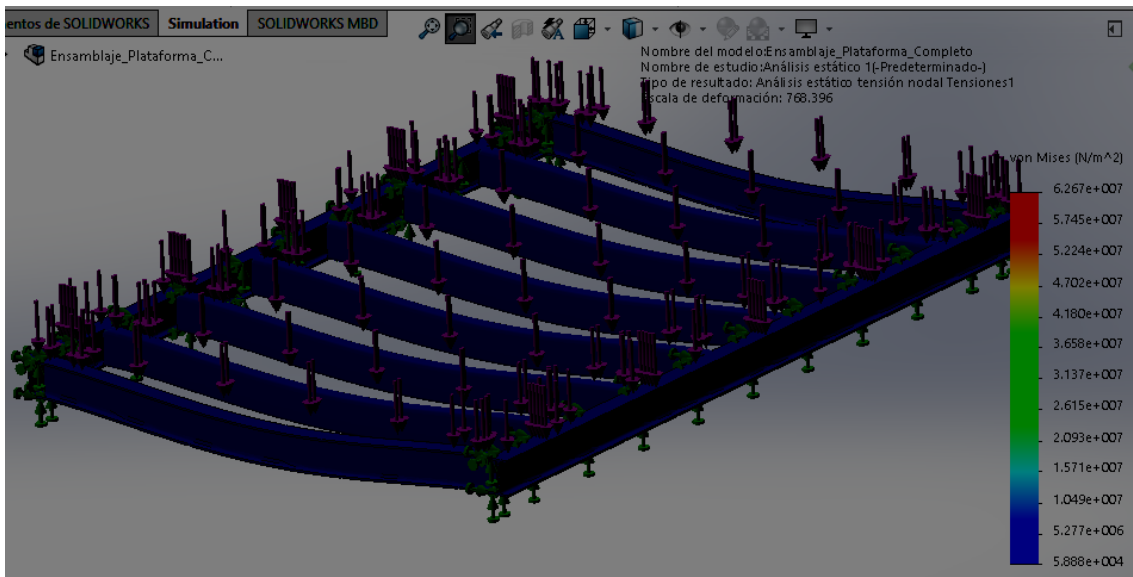
**Fig. 178.** Distribución de la carga en la estructura. Fuente: Autores.

El resultado arroja la distribución de las tensiones y deformaciones en la estructura de acuerdo con la barra de colores (Ver Fig.179). El más azul corresponde a las zonas en donde se producen los menores esfuerzos, mientras el rojo son aquellas áreas en donde el material ‘sufre’ o presenta los máximos esfuerzos por tensión. El análisis utiliza el criterio de máxima tensión de Von Mises.

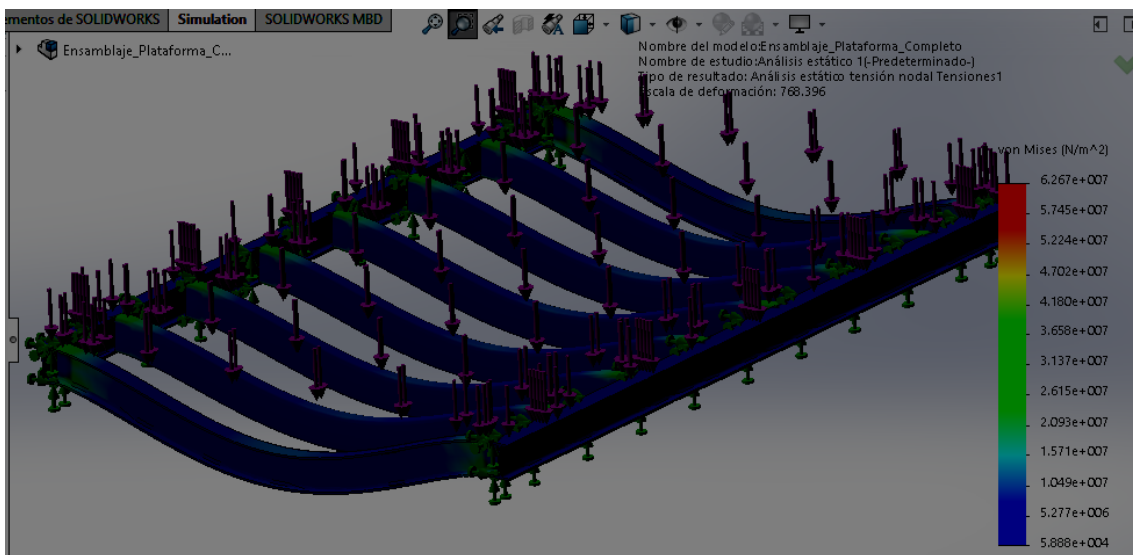


**Fig. 179.** Distribución de los esfuerzos debidos a tensión. Fuente: Autores.

Las Figs. 180 y 181 ofrecen la animación en dos estados de la estructura mientras ésta se deforma. Las flexiones que arroja el software se presentan de manera exagerada para demostrar cómo tiende a comportarse el material cuando es sometido a una determinada carga.



**Fig. 180.** Animación de las flexiones que sufre la estructura, toma 1. Fuente: Autores.



**Fig. 181.** Animación de las flexiones que sufre la estructura, toma 2. Fuente: Autores.

Como se puede apreciar en la Fig.182, las áreas en donde se producen las mayores tensiones son los puntos de unión o soldadura de la estructura. Sin embargo, es evidente que el tipo de aleación utilizado en la estructura responde favorablemente a la carga de diseño.

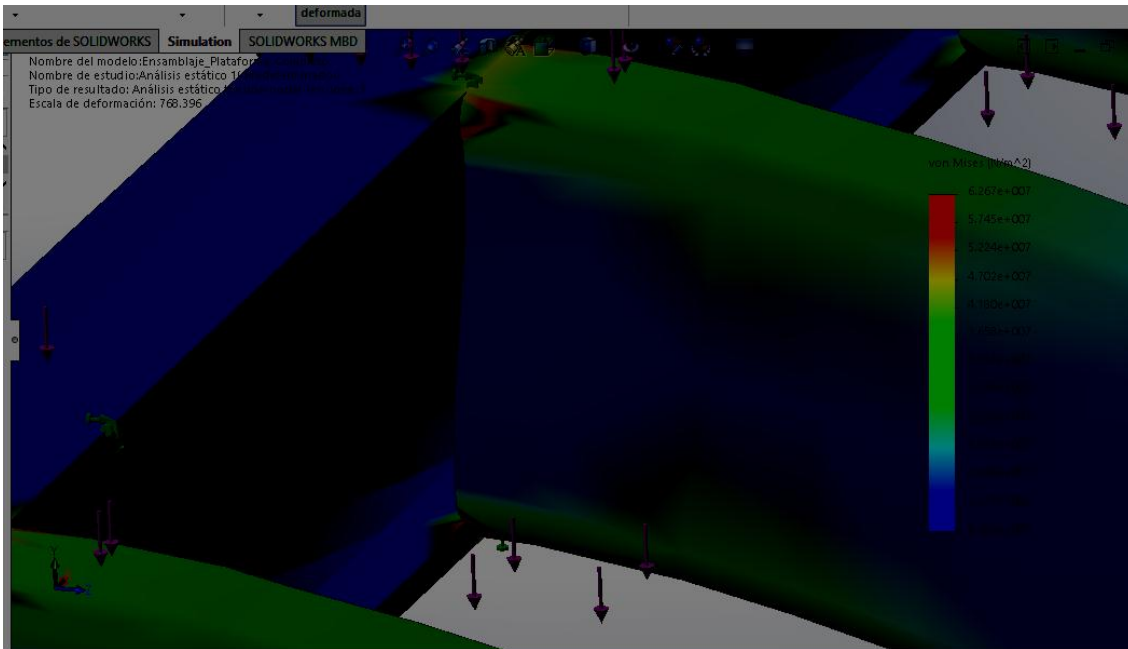
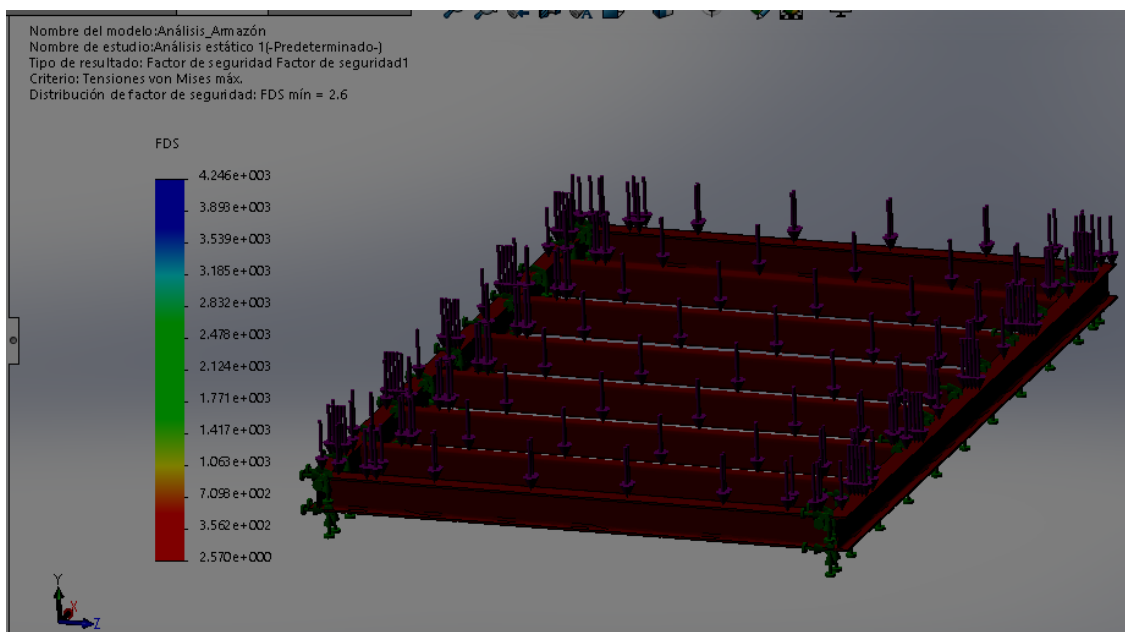


Fig. 182. Áreas de máxima tensión en la estructura. Fuente: Autores.

### 5.2.2 Factor de Seguridad para la estructura de la plataforma

Atendiendo al principio de diseño en la que se busca minimizar los riesgos por fallo en el sistema, se determinó que el factor de seguridad para la estructura de la plataforma se encuentra por encima del valor recomendado,  $FS > 1.5$ . De acuerdo con el análisis (Ver Fig.183) la estructura puede soportar hasta 2.6 veces la carga de diseño estimada. Los valores se encuentran distribuidos de acuerdo con la barra de colores del factor de seguridad ( $FDS$ ).



**Fig. 183.** Factor de seguridad para la estructura-plataforma. Fuente: Autores.

## 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

Antes del actual sistema de elevación de carga, en Industrias Estra existía un malacate que, si bien cumplía con la función básica de transportar mercancía y materia prima, no era lo suficientemente práctico dada la cantidad de productos que a diario se fabrican en la empresa. Por esta razón, se evaluó la posibilidad de sustituir el malacate por un elevador de carga más moderno, eficiente y que minimizara los tiempos de carga y descarga de mercancía entre los distintos niveles del depósito.

Gracias al nuevo elevador que actualmente funciona en la compañía (Ver Figs.184 y 185), se logró aumentar la capacidad de carga y agilizar considerablemente los tiempos de transporte.



**Fig. 184.** Elevador de Carga en Industrias Estra. Fuente: Autores.



**Fig. 185.** Elevador de Carga en Industrias Estra. Fuente: Autores.

En las Figs. 186 y 187 se presentan los sensores de proximidad inductivos utilizados para la puerta cabina. Son sensores de la serie PR30, cilíndrico que funcionan de 10 a 30 V. Estos sensores solo se activan cuando hacen contacto con las puertas con el objetivo de impedir que el sistema se active con las puertas abiertas. Las características más destacables de estos sensores son:

- Detección a los 15 mm
- Protección tipo IP67
- Temperatura de operación de -26°C a 70°C



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Protección contra sobrecarga
- Indicador de estado con LED



**Fig. 186.** Sensores Inductivos Puerta-Cabina. Fuente: Autores.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 187.** Sensor Inductivo Puerta-Cabina. Fuente: Autores.

En la Figs. 188 y 189 se aprecian el microswitch y la válvula solenoide implementados en cada nivel. En la Tabla 33 se ofrecen algunas de sus características técnicas.

**Tabla 33.** Especificaciones del microswitch DB2. Fuente: <http://uk.rs-online.com/web/p/microswitches/2900479/>

Tipo de actuador	Palanca corta
Tipo de terminal	PCB
Corriente nominal de los contactos	10.1 A 250 V AC
Configuración de contactos	SPDT-NO/NC
Fuerza de operación	0.98 N
Temperatura mínima de operación	-40°C
Temperatura máxima de operación	+120°C
Vida mecánica	15000000 operaciones

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Fig. 188.** Microswitch DB2. Fuente: Autores.





**Fig. 189.** Válvula Solenoide. Fuente: Autores.

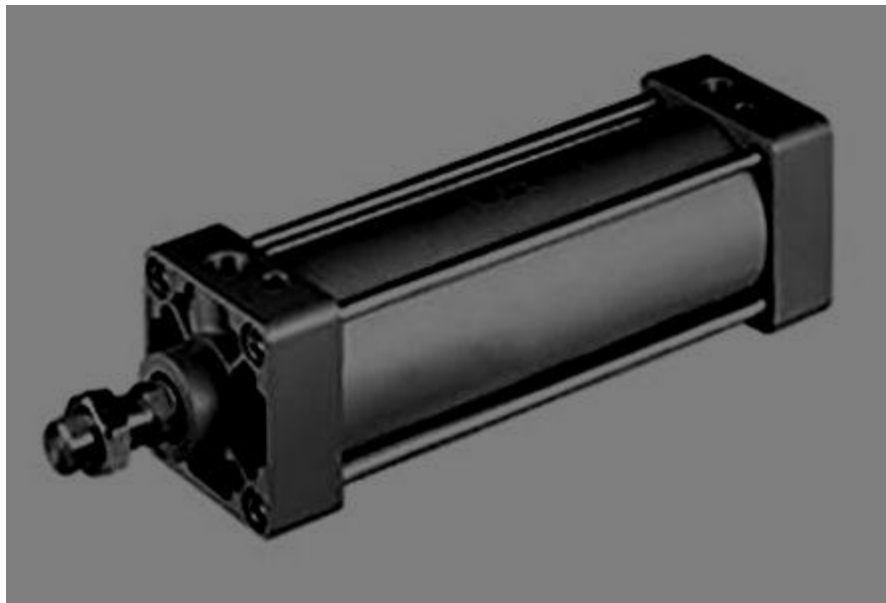
La Fig. 190 corresponde a la foto de uno de los cilindros neumáticos localizados en los niveles 2-3 y que se activan solo como bloqueo de la cabina. En la Tabla 34 se ofrecen algunas de sus características físicas:

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Tabla 34.** Cilindro Neumático Perfil ISO/VDMA. Fuente:

<https://www.logismarket.com.mx/norgren/cilindros-de-perfil-iso-vdma/3215756181-1313791269-p.html>

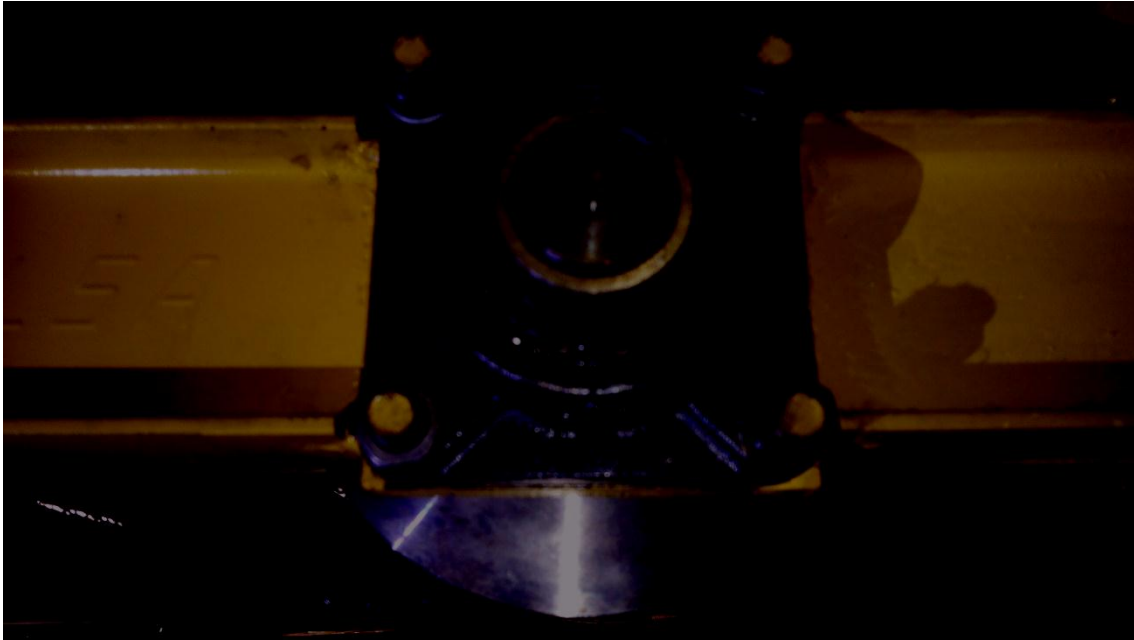
Información del producto	Datos técnicos	Materiales
Según ISO 15552, ISO 6431, VDMA 24562 y NFE 49-003-1	Fluido: Aire comprimido filtrado con o sin lubricación.	Camisa: Aluminio anonizado.
Perfil con tirantes ocultos	Funcionamiento PRA/182000: Amortiguación regulable	Tapas: Aluminio inyectado
Altas prestaciones y fiabilidad	Funcionamiento PRA/182000/M. Amortiguación regulable, émbolo magnético.	Vástago: Acero inoxidable
Juntas de poliuretano	Presión de trabajo: 1...16 bar	Juntas del vástago: Poliuretano.



**Fig. 190.** Cilindro neumático de perfil ISO/VDMA. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La Fig. 191 corresponde al ensamble chumacera, brida- polea. Este ensamble se localiza en la parte superior de la cabina.



**Fig. 191.** Ensamble Chumacera-Polea. Fuente: Autores.

En la Fig. 192 se aprecia el grupo de tres ruedas de polipropileno localizadas en la parte central superior de la cabina. Mientras las Figs. 193 y 194 corresponden a cada uno de estos rines unitarios localizados en cada esquina de la misma.

Las ruedas son fabricadas con banda de caucho y amortiguadas con rin de polipropileno.



**Fig. 192.** Rines de polipropileno. Fuente: Autores

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



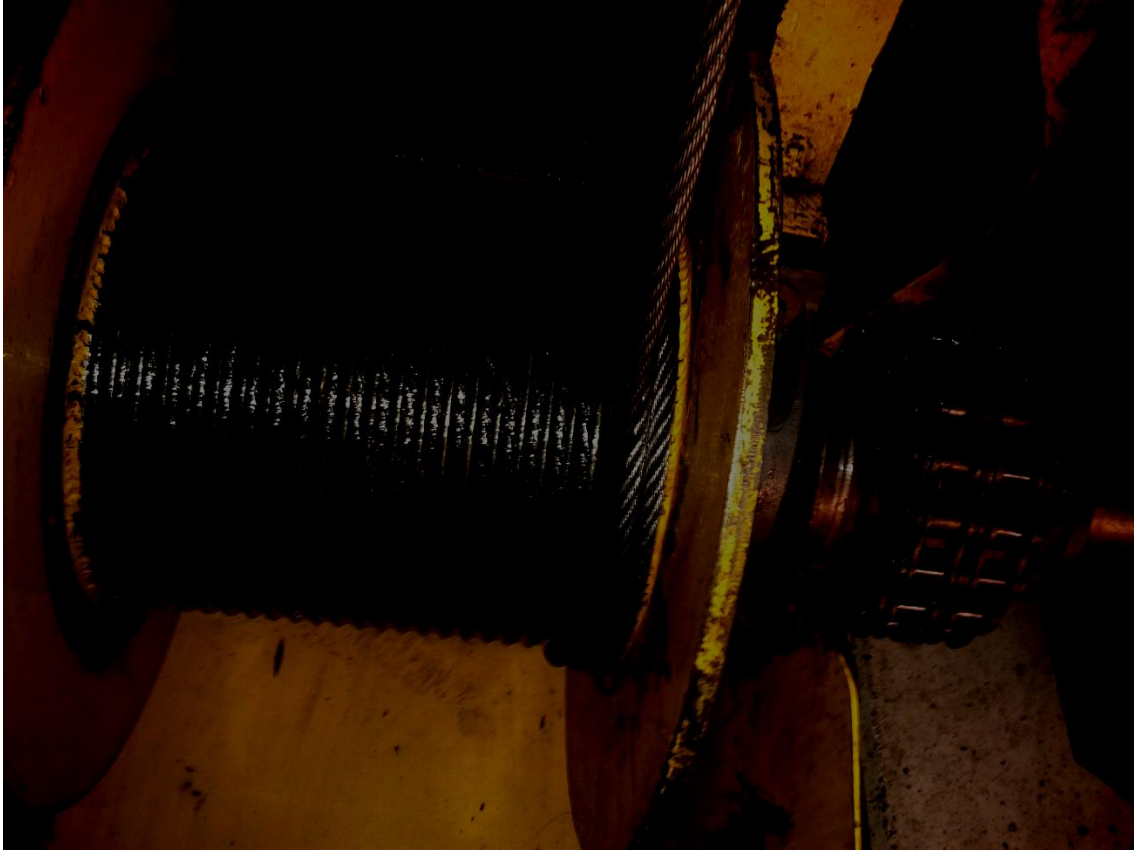
**Fig. 193.** Rin de polipropileno. Fuente: Autores.



**Fig. 194.** Rin de polipropileno. Fuente: Autores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Las Figs. 195 y 196 ofrecen las tomas fotográficas del sistema tambor-cable y polea, mientras la Fig. 197 se aprecia el equipo reductor acoplado al mismo.

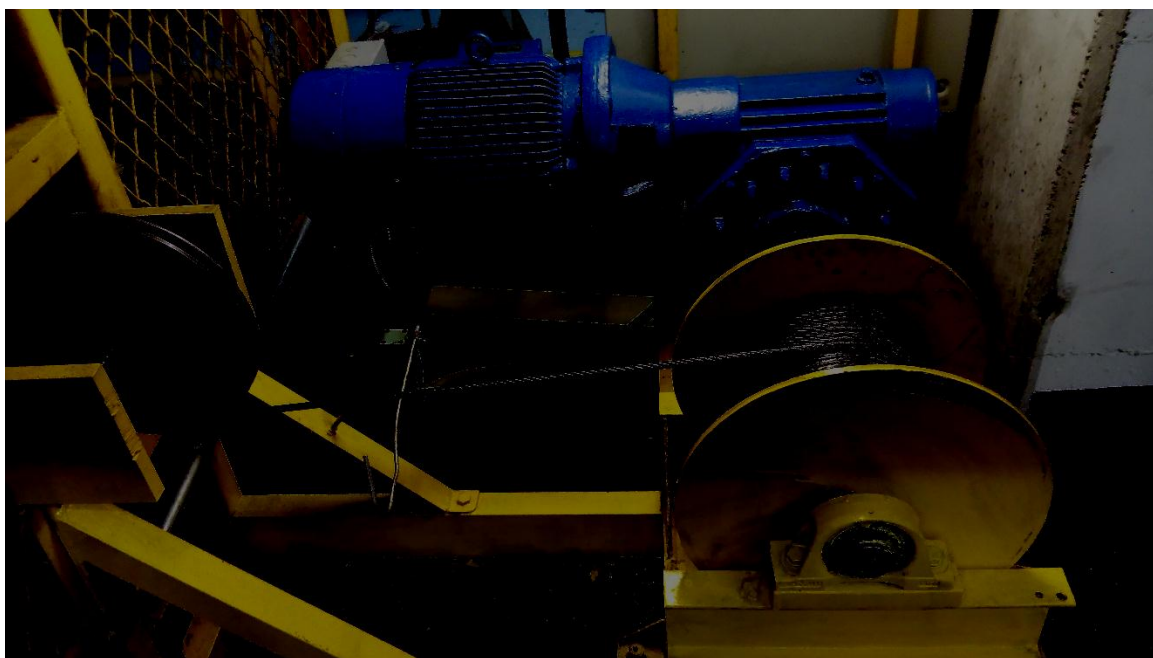


**Fig. 195.** Tambor y cable tractor. Fuente: Autores.





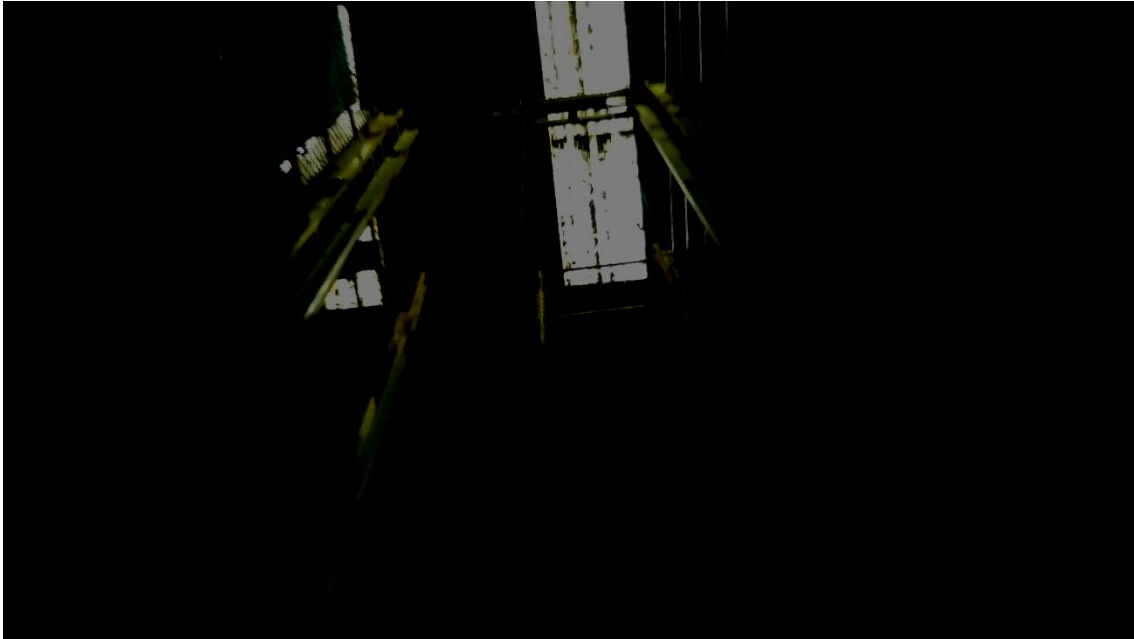
**Fig. 196.** Grupo tambor y polea. Fuente: Autores.



**Fig. 197.** Motorreductor Corona Sinfín y tambor. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

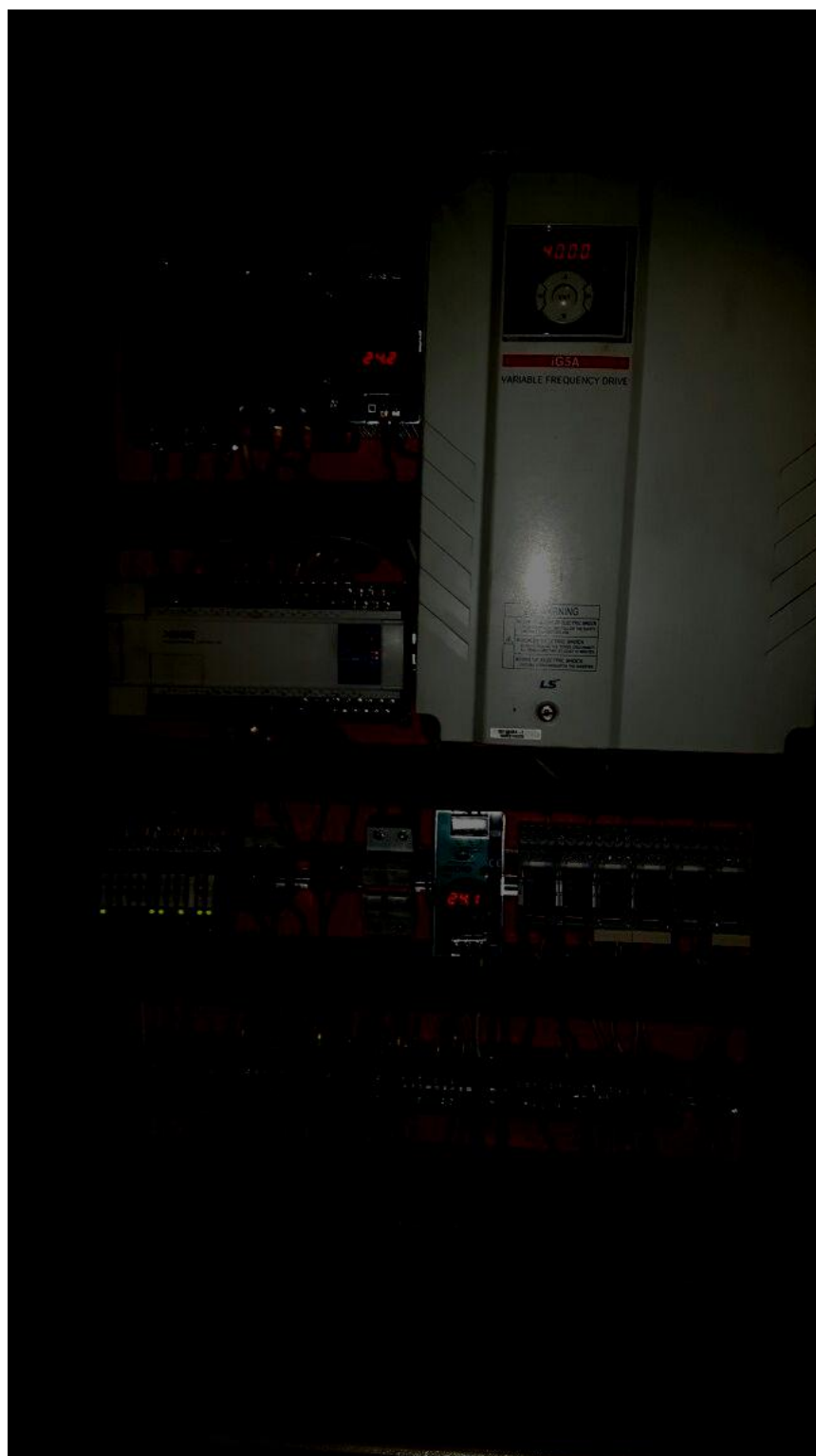
La altura de operación del elevador es de 10 m. En la Fig. 198 se aprecia una toma desde la planta inferior.



**Fig. 198.** Altura de operación del elevador. Fuente: Autores.

A continuación, se comparten las imágenes de los equipos utilizados en el control del elevador. La primera imagen corresponde al tablero eléctrico (Ver Fig. 199). En ella se pueden apreciar, entre otros, el variador de frecuencia LS, el PLC, la fuente de alimentación del PLC y los contactores.

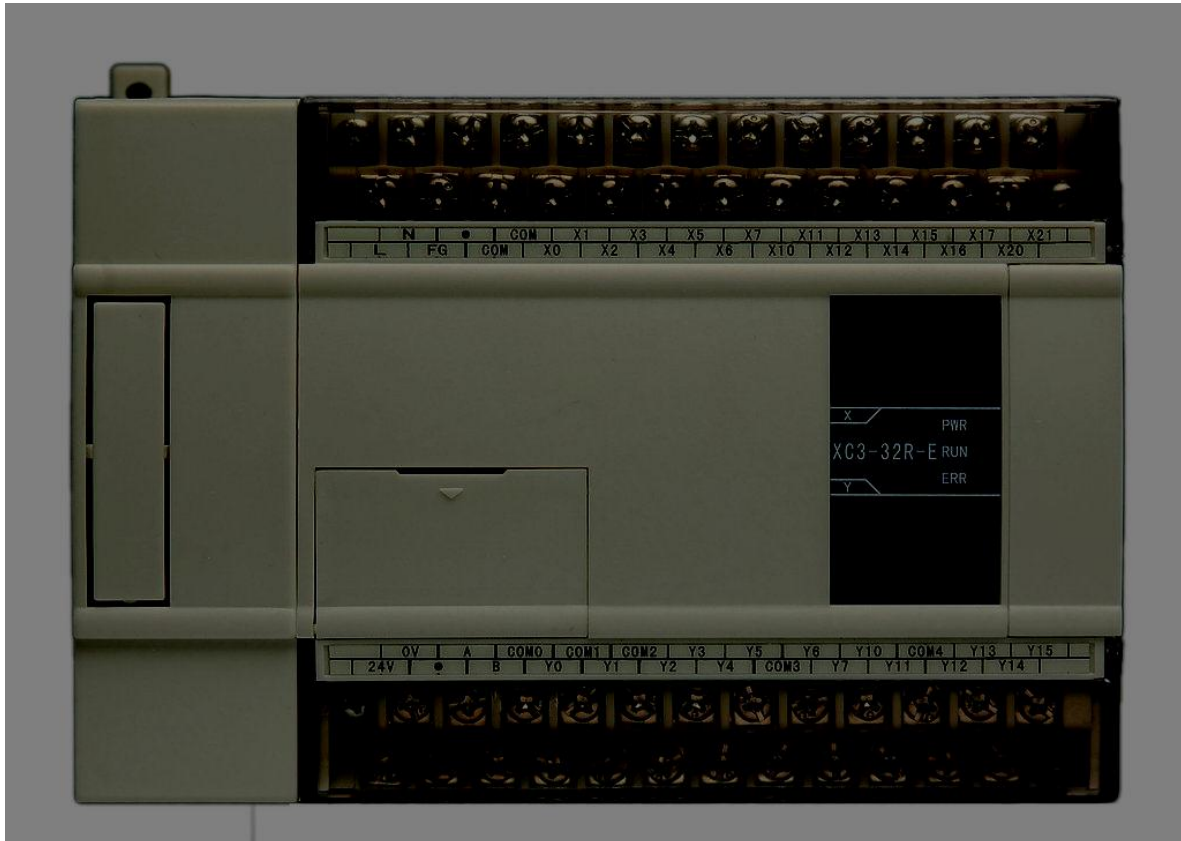
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 199.** Tablero eléctrico. Fuente: Autores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la Figs. 200 y 201, se presentan la toma del PLC Xinje XC3-45 RT y del variador de frecuencia LS en funcionamiento. Note que el variador se encuentra configurado a una frecuencia de 40 Hz.



**Fig. 199.** PLC Xinje. Fuente: <https://www.spstiger.de/THINGET-XC3-SPS-mit-32-EA>.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 201.** Variador de Frecuencia LS IG5A. Fuente: Autores.

En la Fig. 202 se presenta la toma de la botonera de control. Se recuerda que esta botonera se localiza al lado de la puerta deslizante de seguridad en cada nivel o planta.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Fig. 202.** Botonera de control Fuente: Autores.

## 7 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

- El diseño, automatización e instalación de un elevador de carga por adherencia cumple satisfactoriamente en la actualidad con las exigencias de carga y descarga de productos plásticos o materia prima en cada uno de los tres niveles del depósito. Se destaca la seguridad del sistema como elemento esencial para garantizar ante todo la protección del personal que interviene con el equipo, así como la protección de las utilidades que se transportan. El nuevo sistema de elevación representa sin duda el interés de la empresa de constituirse como la compañía líder en la producción y comercialización de productos plásticos para la industria y el hogar.
- La automatización del elevador a través del control lógico programable (PLC) es por ahora el modo más flexible y eficaz de asegurar el correcto funcionamiento del sistema de elevación. Por una parte, por la facilidad de modificar en cualquier momento el código de programación en caso de presentarse alguna falla. Además, el espacio que ocupa tanto el autómatas, como el variador y el resto de dispositivos de control es considerablemente reducido, y solo basta realizar algunas desconexiones para reemplazar algún instrumento o mecanismo defectuoso.
- La importancia del diseño de cada una de las principales partes del elevador por medio de un programa de diseño asistido por computadora (CAD), radica en la necesidad de tener una constancia que facilite tanto a los propios diseñadores como a cualquier otro operario, identificar con rapidez la referencia de alguna pieza que se requiera cambiar.
- Los cálculos de los principales elementos del elevador se limitan únicamente a aquellos que determinan su correcto funcionamiento, como lo es el cálculo y

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

selección del tipo de motor y reductor, diámetro del cable de elevación, el tambor y las poleas.

- La principal preocupación es la seguridad del sistema y del personal, por esta razón, se determina el factor de seguridad (FDS) de acuerdo con el parámetro de diseño recomendado en ingeniería. Un buen factor de seguridad debe estar por encima de 1.5, lo que efectivamente se logra en el presente trabajo al calcularse por simulación de esfuerzos en un valor de  $FDS = 2.6$ .

Como trabajo futuro se busca ampliar algunos cálculos como medio informativo y para archivo de la compañía, como son cálculos de esfuerzos combinados, análisis por fatiga, cálculo de los bastidores de la cabina, entre otros.

-



## REFERENCIAS

---

Adak, N. D. (2013). Elevator simulator design and estimating energy consumption of an elevator system. *Energy and Buildings*, 272-280.

Asperl, A. (2005). How to teach CAD. *CAD Solutions*, 459-468.

Ayaulym Rakhmatulina, S. K. (2013). Diseño de nuevos mecanismos de elevacion de carga. *ELSEVIER*, 689-692.

Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Octava ed.). (E. Murrieta, & E. Miguel, Trads.) México: McGraw-Hill Ineramericana.

Cortés, M. Á. (2008). Experiencia en CAD. *Repositorio Institucional UN*, 3.

Equitrans96. (2004). *Manuel del Usuario SV-iG5A*. Hogye-Dong: LS Industrial Systems .

Eusebio, V. M. (2010). *Diseño de un elevador apoyado en software solid*. Xalapa: Universidad Veracruzana.

García, C., & Uribe, A. (2006). *Diseño y Desarrollo de un Elevador Industrial de Carga para la Empresa CODIMEC* . Medellín : Universidad EAFIT.

Harrison, R. (2013). Electric power application to passenger and freight elevators. *Journal of the American Institute of Electrical Engineers*.

HR, A. A. (Enero de Sin fecha ). *Ferrocortes*. Obtenido de Ferrocortes : [www.ferrocortes.com](http://www.ferrocortes.com)

Landa, J., & Llanganate, E. (2009). *Diseño y Construcción de una Pico Central Hidroeléctrica utilizando una Turbina Michel Banki para generación eléctrica en el sector de las Carmelitas del Cantón Tena*. Latacunga : Escuela Politécnica del Ejército .

Larrode, A. M. (2011). *Transporte vertical*. Zaragoza: CENTRO POLITECNICO SUPERIOR UNIVERS.

Made, T. y. (2012). *Catálogo de HERRAJES*. Valladolid .

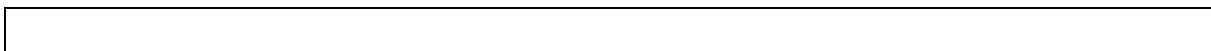
SIEMENS. (2014). *Lista de precios Colombia. Productos Eléctricos Industriales*. Bogotá .

Soto, C. G. (2009). *Armado estructural de un bloque en una construcción naval*. Valdivia : Universidad Austral de Chile .

Thinget. (s.f.). *XC Series Programmable Controller. User's Manual*. Jiangsu Province : Xinje Electronic.

Vásquez, R. (2010). *Control Lógico Programable*. Medellín : Fondo editorial ITM .

Xu, M. (2000). Electro-hydraulic proportional control of twin-cylinder. *pergamino*, 367-373.





INFORME FINAL DE  
TRABAJO DE GRADO

Código	FDE 089
Versión	03
Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES:

ALEXANDER SANCHEZ V.  
Bersabe Acosta

Manuel A. Ospina A.

FIRMA ASESOR \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: 19 de febrero de 2018

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO \_\_\_

ACEPTADO \_\_\_

ACEPTADO CON MODIFICACIONES \_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_