

Universidad Simón Bolívar

CT-1212 - Introducción a la Ingeniería Eléctrica

Sección 1

**Informe – Proyecto #1**

**Dimensionamiento de un Sistema de Ascensor**

Georges Galíndez

20-10271

## Formulación del problema

Se tiene la tarea de dimensionar un sistema de ascensores que cumpla con las especificaciones de la norma COVENIN 621-3 a la 621-5, considerando las siguientes características:

1. Utilizar fabricantes Nacionales como patrón para su elección. Los ascensores serán sin variadores de frecuencia, cumpliendo con lo que la norma establece.
2. Determinando el valor del contrapeso y cabina.
3. Determinando la cantidad de pasajeros según norma.
4. Considerando una caja de cambio mecánica, con un 80% de eficiencia que reduce la velocidad del motor a la de la polea del ascensor.
5. Tomando en cuenta los cables que sujetan la cabina (solo especificaciones generales).
6. Calculando el motor eléctrico con un 90% de eficiencia que gira a 3600RPM.

Para un edificio con los siguientes datos:

- Número de pisos superiores: 85
- Número de sótanos: 3
- Área de ocupación de los pisos:  $750 \text{ m}^2$ .
- Población de los sótanos: 15 personas por sótano.
- Población de los pisos superiores: 35 personas por piso.

Es importante añadir que, al ser un edificio de 85 pisos, se considera una construcción de tipo hotel.

## Solución

Se consideraron algunos datos técnicos del ascensor Mitsubishi NexWay:

- Velocidad nominal: 7 m/s - 10 m/s
- Capacidad nominal: 1800 kg (para 22 personas), 1600 kg (para 19 personas)

### I. Cálculo del transporte vertical

Para realizar el cálculo del sistema de ascensores, se repartió el trabajo entre 4 grupos:

- Grupo A: 3 sótanos, planta principal y piso 1 hasta el piso 22.
- Grupo B: 3 sótanos, planta principal y piso 23 hasta el piso 45.
- Grupo C: 3 sótanos, planta principal y piso 46 hasta el piso 66.
- Grupo D: 3 sótanos, planta principal y piso 67 hasta el piso 85.

Mediante el uso de rutinas de cálculo en Python, se establecieron los siguientes datos:

Grupos	Zona expresa	Pisos servidos	Pisos no servidos	Número de Ascensores	Capacidad Nominal	Velocidad Nominal	$T_1$ (S)	$T_2$ (S)
Grupo A	No	22	0	5	22	7 m/s	3.15	2.2
Grupo B	Sí	22	22	6	22	8 m/s	3.15	2.2
Grupo C	Sí	21	43	6	22	10 m/s	3.15	2.2
Grupo D	Sí	21	64	6	19	10 m/s	3.15	2.2

Cabe mencionar que el tamaño de las puertas es de 800 mm.

En este sentido, mediante una rutina de Python en la cual se establecieron las fórmulas estipuladas en la normativa COVENIN 621-3, se realizaron los cálculos del Tiempo de Viaje Completo y del Tiempo Total de Viaje para hallar los valores de la Capacidad de Transporte y del Intervalo Probable que cumplieran con los requisitos de la normativa. Obteniendo los siguientes resultados:

Grupos	Recorrido superior servido (m)	Recorrido expreso (m)	Personas por viaje	Paradas probables	Capacidad de Transporte (%)	Intervalo Probable (S)
Grupo A	77	0	16	11.54	14.86	39.61
Grupo B	77	77	16	11.54	15.42	38.17
Grupo C	73.5	150.5	16	11.37	15.40	39.95
Grupo D	73.5	224	13	9.86	12.58	39.72

Cumpliendo así con los valores estipulados en la Tabla 1 de la normativa COVENIN 621-3.

## II. Cálculo del contrapeso, cables y cabina

La masa de la cabina para los grupos A, B y C fue tomada como la mitad de la carga nominal, es decir:

$$M_{Cabina} = \frac{1800 \text{ kg}}{2} = 900 \text{ kg}$$

La masa del contrapeso fue calculada como 1.5 veces la masa de la cabina:

$$M_{Contrapeso} = 1.5 * 900 \text{ kg} = 1350 \text{ kg}$$

Por otra parte, los cables metálicos para utilizar en la instalación estarán formados por hilos de acero entorchados, con alma de acero, de 10 mm de diámetro, de 18 hilos, con una carga de rotura de 2000 kg.

En este sentido, según la Tabla 6 de la normativa COVENIN 621-4, y teniendo en cuenta que la carga nominal será de 1800 kg, se toma la superficie útil de la cabina para una carga nominal de 2000 kg, que será de un mínimo de  $4.37 \text{ m}^2$  hasta un máximo de  $4.60 \text{ m}^2$ .

Es importante añadir que el Grupo D no cuenta con la misma capacidad nominal, por lo tanto, algunos cálculos cambian. Según la Tabla 6 de la norma COVENIN 621-4, a los ascensores de este grupo se le puede asignar una carga nominal de 1600 kg, con una superficie útil de  $3.65 \text{ m}^2$  hasta  $3.84 \text{ m}^2$ .

La masa de la cabina del Grupo D será:

$$M_{Cabina D} = \frac{1600 \text{ kg}}{2} = 800 \text{ kg}$$

Entonces, la masa del contrapeso será:

$$M_{Contrapeso D} = 1.5 * 800 \text{ kg} = 1200 \text{ kg}$$

### III. Cálculo del motor y la caja de cambios

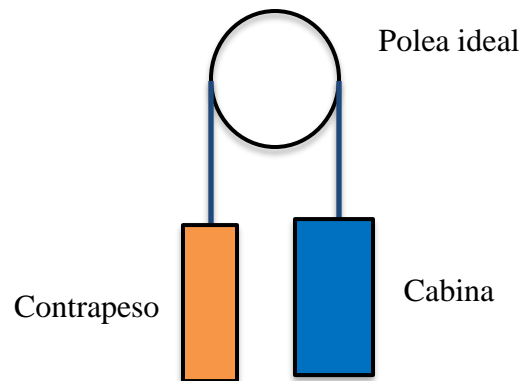
Según la formulación del problema, se tendrá en cuenta un motor de 90% de eficiencia que gire a 3600 rpm, y una caja de cambios con un 80% de eficiencia que reduce la velocidad del motor a 7 m/s, 8 m/s o 10 m/s, según sea el caso.

Como se usarán cables de 10mm, el diámetro de la polea será de 40 veces el de un cable. Es decir:

$$D_p = 40 * 10\text{mm} = 400\text{mm}$$

Por lo tanto, su radio será de 0.2 metros.

En este sentido, para conocer las fuerzas que va a ejercer la instalación es necesario pensar en el torque neto de la polea de acuerdo con el siguiente diagrama:



El contrapeso y la cabina ejercen fuerzas sobre la polea, por lo tanto, existe un torque neto resultante que se expresa de la siguiente forma:

$$\tau_n = gR(M_{Contrapeso} - M_{Cabina})$$

Donde:

- $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$  (gravedad).

- $R = 0.2 \text{ m}$  (radio de la polea).

Ahora, por la normativa COVENIN 621-4, en el punto 4.3.1.6 se sabe que el peso del contrapeso será el peso de la cabina más un 50% de la carga nominal, es decir:

$$\tau_n = gR(M_{cabina} + \frac{C_{Nominal}}{2} - M_{cabina})$$

Ahora:

$$\tau_n = gR\left(\frac{C_{Nominal}}{2}\right) = gR(M_{cabina})$$

Pues antes se estableció que:

$$\frac{C_{Nominal}}{2} = M_{cabina}$$

#### A. Grupo A

Entonces, para hallar la potencia de la polea se debe calcular su torque, que viene dado por:

$$\tau_{pA} = 9.8 \frac{m}{s^2} * 0.2 \text{ m} * 900 \text{ kg} = 1764 \text{ Nm}$$

Ahora, la velocidad nominal de estos ascensores fue establecida a 7 m/s, por lo tanto, la velocidad angular de la polea será:

$$V_{angPA} = \frac{7 \frac{m}{s}}{0.2 \text{ m}} = 35 \frac{rad}{s}$$

Y la potencia de la polea será:

$$P_{pA} = 1764 \text{ Nm} * 35 \frac{rad}{s} = 61740 \text{ w} = 61.74 \text{ Kw}$$

En este sentido, según la formulación del problema se tiene que:

$$\frac{P_p}{P_c} = 80\% = \frac{8}{10}$$

(Siendo  $P_c$  la potencia de la caja de cambios)

$$\frac{P_c}{P_M} = 90\% = \frac{9}{10}$$

(Siendo  $P_M$  la potencia del motor)

Entonces la potencia de la caja será:

$$P_{cA} = \frac{10 * P_{pA}}{8} = \frac{10 * 61.74 \text{ Kw}}{8} = 77.17 \text{ Kw}$$

Y la potencia del motor:

$$P_{MA} = \frac{10 * P_{cA}}{9} = \frac{10 * 77.17 \text{ Kw}}{9} = 85.75 \text{ Kw}$$

En este orden de ideas, para hallar el número de engranajes que debe tener la caja de cambios en el grupo A, la relación viene dada por:

$$\frac{\text{Vel. Angular del motor}}{\text{Vel. Angular de la polea}} = \frac{376.99 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{35 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 10.77 = 11 \text{ Engranajes}$$

### **B. Grupo B**

Para hallar la potencia de la polea se debe calcular su torque, que viene dado por:

$$\tau_{pB} = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.2 \text{ m} * 900 \text{ kg} = 1764 \text{ Nm}$$

Ahora, la velocidad nominal de estos ascensores fue establecida a 8 m/s, por lo tanto, la velocidad angular de la polea será:

$$V_{angPB} = \frac{8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.2 \text{ m}} = 40 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Y la potencia de la polea será:

$$P_{pB} = 1764 \text{ Nm} * 40 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 70560 \text{ w} = 70.56 \text{ Kw}$$

Entonces la potencia de la caja será:

$$P_{cB} = \frac{10 * P_p}{8} = \frac{10 * 70.56 \text{ Kw}}{8} = 88.2 \text{ Kw}$$

Y la potencia del motor:

$$P_{MB} = \frac{10 * P_c}{9} = \frac{10 * 88.2 \text{ Kw}}{9} = 98 \text{ Kw}$$

En este orden de ideas, para hallar el número de engranajes que debe tener la caja de cambios en el grupo B, la relación viene dada por:

$$\frac{\text{Vel. Angular del motor}}{\text{Vel. Angular de la polea}} = \frac{376.99 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{40 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 9.42 = 9 \text{ Engranajes}$$

### C. Grupo C

Para hallar la potencia de la polea se debe calcular su torque, que viene dado por:

$$\tau_{pC} = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.2 \text{ m} * 900 \text{ kg} = 1764 \text{ Nm}$$

Ahora, la velocidad nominal de los ascensores fue establecida a 10 m/s, por lo tanto, la velocidad angular de la polea será:

$$V_{angPC} = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.2 \text{ m}} = 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Y la potencia de la polea será:

$$P_{pC} = 1764 \text{ Nm} * 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 88200 \text{ w} = 88.2 \text{ Kw}$$

Entonces la potencia de la caja será:

$$P_{cC} = \frac{10 * P_p}{8} = \frac{10 * 88.2 \text{ Kw}}{8} = 110 \text{ Kw}$$

Y la potencia del motor:

$$P_{MC} = \frac{10 * P_c}{9} = \frac{10 * 110 \text{ Kw}}{9} = 122.5 \text{ Kw}$$

En este orden de ideas, para hallar el número de engranajes que debe tener la caja de cambios en el grupo C, la relación viene dada por:

$$\frac{\text{Vel. Angular del motor}}{\text{Vel. Angular de la polea}} = \frac{376.99 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{50 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 7.53 = 8 \text{ Engranajes}$$

#### D. Grupo D

Para hallar la potencia de la polea se debe calcular su torque, que viene dado por:

$$\tau_{pD} = 9.8 \frac{m}{s^2} * 0.2 m * 800 kg = 1568 Nm$$

Ahora, la velocidad nominal de los ascensores fue establecida a 10 m/s, por lo tanto, la velocidad angular de la polea será:

$$V_{angPD} = \frac{10 \frac{m}{s}}{0.2 m} = 50 \frac{rad}{s}$$

Y la potencia de la polea será:

$$P_{pD} = 1568 Nm * 50 \frac{rad}{s} = 78400 w = 78.4 Kw$$

Entonces la potencia de la caja será:

$$P_{cD} = \frac{10 * P_p}{8} = \frac{10 * 78.4 Kw}{8} = 98 Kw$$

Y la potencia del motor:

$$P_{MD} = \frac{10 * P_c}{9} = \frac{10 * 98 Kw}{9} = 108 Kw$$

En este orden de ideas, para hallar el número de engranajes que debe tener la caja de cambios en el grupo D, la relación viene dada por:

$$\frac{Vel. Angular del motor}{Vel. Angular de la polea} = \frac{376.99 \frac{rad}{s}}{50 \frac{rad}{s}} = 7.53 = 8 Engranajes$$

#### IV. Consideraciones

- Los grupos A, B y C tienen las mismas capacidades, el grupo D transporta menos usuarios, por lo cual se le asigna un motor, contrapeso y caja de cambios de menor



capacidad, pero si el cliente lo desea, se pueden colocar todos los grupos con las mismas características relativas a la potencia.

- La capacidad nominal de todos los grupos es menor a la que indica el fabricante con el fin de garantizar la seguridad y ajustarse mejor a las normativas COVENIN.

## V. Otros casos con cálculos errados

### 1. Puerta de 1000 mm

Nótese a continuación que los tiempos  $T_1$  y  $T_2$  fueron establecidos para puertas de 1000 mm.

Grupos	Zona expresa	Pisos servidos	Pisos no servidos	Número de Ascensores	Capacidad Nominal	Velocidad Nominal	$T_1$ (S)	$T_2$ (S)
Grupo A	No	22	0	5	22	7 m/s	3.95	2
Grupo B	Sí	22	22	6	22	8 m/s	3.95	2
Grupo C	Sí	21	43	6	22	10 m/s	3.95	2
Grupo D	Sí	21	64	6	19	10 m/s	3.95	2

Obteniendo los siguientes resultados para el Intervalo Probable y la Capacidad de Transporte:

Grupos	Capacidad de Transporte	Intervalo Probable
Grupo A	14.67 %	42.63 S
Grupo B	15.66 %	39.93 S
Grupo C	15.38 %	42.5 S
Grupo D	12.18 %	41.04 S

De esta información podemos concluir que los ascensores van a tardar más tiempo en realizar todo el recorrido previsto, pues las puertas tardan más en abrir y cerrar. De este modo, el Intervalo probable de los grupos A, C y D quedan fuera de lo establecido por la normativa COVENIN 621-3. Para compensar esto, se puede disminuir la capacidad nominal, pero esto les restaría eficiencia a las instalaciones, considerando que se trata de un edificio de 85 pisos, 3 sótanos y un total de 3020 habitantes.

### 2. Mayor capacidad nominal

En esta ocasión se ha aumentado la capacidad nominal en todos los grupos.

Grupos	Zona expresa	Pisos servidos	Pisos no servidos	Número de Ascensores	Capacidad Nominal	Velocidad Nominal	$T_1$ (S)	$T_2$ (S)
Grupo A	No	22	0	5	24	7 m/s	3.15	2.2
Grupo B	Sí	22	22	6	24	8 m/s	3.15	2.2
Grupo C	Sí	21	43	6	24	10 m/s	3.15	2.2
Grupo D	Sí	21	64	6	20	10 m/s	3.15	2.2

Obteniendo los siguientes valores:

Grupos	Capacidad de Transporte	Intervalo Probable
Grupo A	15.72 %	42.13 S

Grupo B	16.62 %	39.85 S
Grupo C	16.46 %	42 S
Grupo D	15.30 %	45.22 S

En este caso se puede observar que la capacidad de transporte de los grupos aumenta, algo que es de esperarse, puesto que se está indicando un mayor número de usuarios a transportar. Pero la contraparte, muy marcada sobre todo en el grupo D, es que los elevadores van a tardar más tiempo en recorrer la altura indicada, pues habrá una mayor demanda de usuarios por atender.

Entonces se puede inferir que la capacidad de transporte va a aumentar o a disminuir según la capacidad nominal que se asigne. Si la cantidad de elevadores no es suficiente para cubrir con una menor cantidad de personas por viaje, entonces la capacidad de transporte será menor que la indicada en la normativa COVENINV 621-3.