

Capitolo 9

Il sollevamento a funi

Chapter 9

Rope systems

"Da quando l'uomo ha occupato più di un piano di un edificio, ha preso in considerazione qualche forma di trasporto verticale"

(George R. Strakosch - "The vertical transportation handbook"). In realtà il problema di sollevare qualcosa esiste da quando esiste l'uomo; la quotidiana battaglia per vincere la forza di gravità, ha condotto l'uomo ad esplorare e a sviluppare diversi settori della tecnologia per migliorare la qualità della vita. Il modo più semplice per sollevare una massa è quello di afferrarla e di usare le proprie forze per trasportarla. Se però è necessario sollevare un grave in altezza, si presuppone l'esistenza di una scala e di un essere umano ben dotato in quanto a forza fisica. Per ovviare agli inconvenienti che possiamo ben immaginare, la cosa più semplice da fare è portarsi al livello al quale dobbiamo sollevare il grave, calare una fune, agganciarlo e sollevarlo. Abbiamo fatto molto in termini di velocità e di praticità di sollevamento, ma rimane l'impegno fisico. Alcune miniature medievali illustrano un signorotto locale che, per raggiungere la sommità del castello nel quale si trova la propria amata, viene sollevato in un rudimentale cestello agganciato a una fune che si arrotola su un argano azionato da robusti giovanotti. Questo è uno dei primi esempi, ma non il solo, di sollevamento a funi (si pensi ai montacarichi realizzati nel Colosseo per il trasporto dei gladiatori). Quindi, sostanzialmente, gli elementi di base necessari a realizzare un sollevamento a funi sono il supporto del carico, magari guidato, un mezzo di sospensione (le funi) e una macchina di sollevamento posta in alto. Oggi, nella sua accezione più semplice, la macchina di sollevamento può essere costituita da un motore elettrico, un riduttore a corona e vite senza

"Since the time man has occupied more than one floor of a building, he has given consideration to some form of vertical movement" (George R. Strakosch - "The vertical transportation handbook").

Actually the issue of lifting things has been existing since man existed.

The daily fight to overcome gravity, led man to explore and develop various technology sectors in order to improve the quality of life.

The simplest way to lift a mass is to hold it and use one's strength to lift it.

But if we need to lift a heavy object to a height, we need a ladder and a strong person.

To overcome these easily-predictable inconveniences, the simplest thing is to reach the level to which the heavy object needs to be lifted, drop a rope, hook and lift it.

We have done a lot in terms of lifting speed and practicality, but the physical commitment is still needed.

Some medieval miniatures illustrate a local gentleman that, to reach the top of the castle where his sweetheart is, is lifted in a rudimentary basket hooked to a rolling rope on a winch operated by strong lads.

This is one of the first examples, but not the only one, of rope systems (just think about the goods lifts to lift gladiators in the Coliseum).

Therefore, the basic elements needed to make a rope system, are the load support, evenly driven, a suspension means (the ropes) and a lifting machine located at a high position.

Today, in its simplest form, the lifting machine may be an electric motor, a worm screw reducer

fine, e un tamburo sul quale nella corsa in salita si arrotolano le funi e in quella in discesa si srotolano. Ma l'appetito vien mangiando: perché non farci aiutare dalla forza di gravità anche per sollevarci? Possiamo raggiungere questo obiettivo collegando il supporto del carico (la cabina) a un contrappeso (Fig. 1), che si muove nella direzione opposta a quella della cabina (Fig. 2).

and a drum where during upward travel ropes roll and during downward travel ropes unroll. But why don't we use gravity also to lift?

We can reach this target by connecting the load support (the car) to a counterweight (Fig. 1) moving to a direction opposite to the car (Fig. 2).

Figura 1 - Contrappeso
Figure 1 - Counterweight

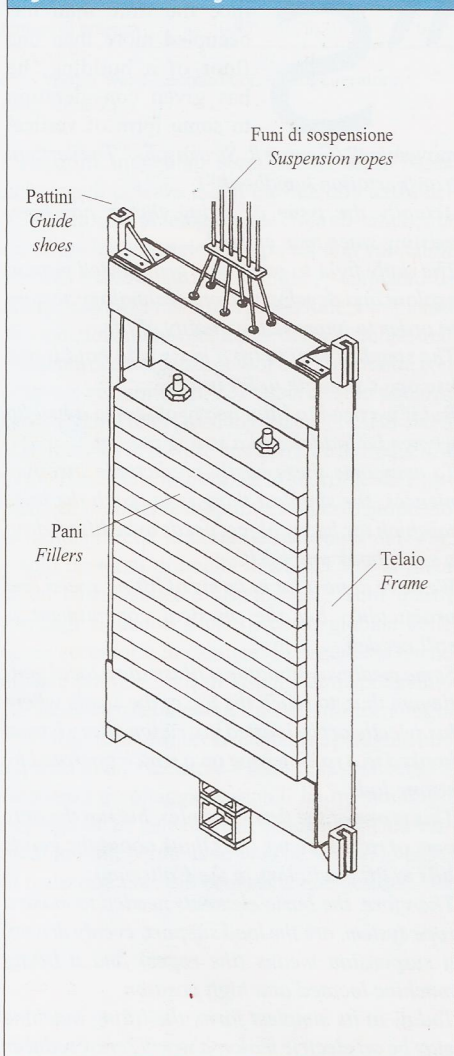
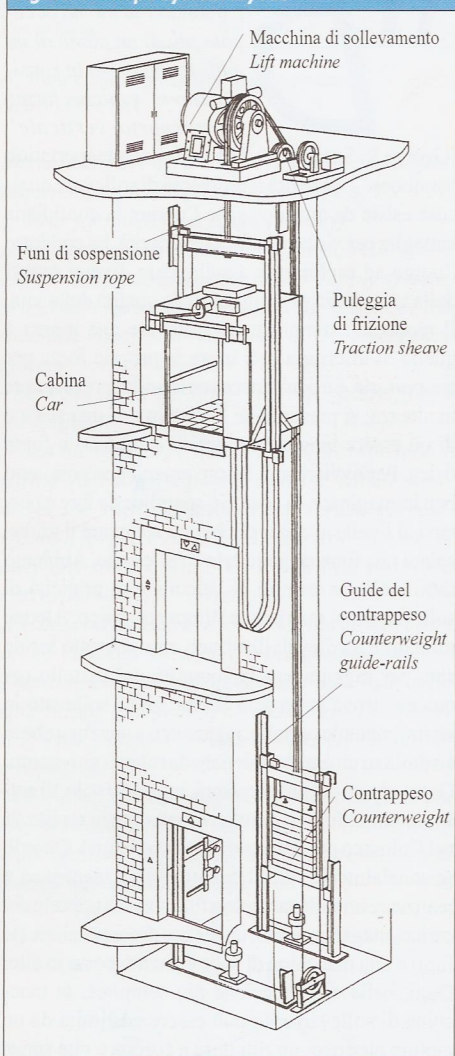


Figura 2 - Configurazione impianto a funi
Figure 2 - Rope system layout



Il contrappeso serve a bilanciare il peso della cabina, del suo carico e dei dispositivi che sono ad essa collegati, come ad esempio l'operatore, i cavi flessibili posti al di sotto della cabina, il tratto di funi di sospensione che insistono sul lato cabina. In questa configurazione si abbandona il tamburo, che viene sostituito da una puleggia di frizione. È la puleggia di frizione che, collegata a un motore elettrico, trascina le funi per attrito. Come si può intuire, in questo modo il lavoro che deve compiere la macchina di sollevamento viene ridotto in maniera sensibile.

Esaminiamo la potenza necessaria per sollevare il carico: se il peso del contrappeso fosse esattamente uguale a quello del carico da sollevare (cabina, passeggeri e organi collegati), il lavoro che la macchina dovrebbe compiere in partenza è solo quello necessario a vincere gli attriti di primo distacco e quelli derivanti dalla configurazione meccanica del vano di corsa (pulegge, pattini di scorrimento e quant'altro), ed un lavoro di segno opposto quando occorre frenare e fermare la cabina. Questa condizione è generalmente rispettata quando la cabina di un ascensore è occupata da un carico che generalmente rappresenta il 50% della sua portata/capienza ed è situata a metà della sua corsa. Questa condizione realizza il bilanciamento dell'ascensore. Questa scelta di bilanciamento nasce dal fatto che statisticamente la condizione di carico della cabina di un ascensore è raramente pari al 100% (cioè la cabina è caricata al massimo delle sue possibilità), e quindi se il contrappeso bilanciasse questa condizione di carico, si avrebbe nel tempo un impegno di potenza che porterebbe a consumi energetici indesiderati.

Come abbiamo visto, la potenza necessaria è influenzata, oltre che dal carico non bilanciato che deve essere spostato, anche dagli attriti generati all'interno del vano di corsa dai dispositivi meccanici che realizzano la configurazione di tiro, come ad esempio le pulegge di deviazione e di rinvio, i pattini della cabina e del contrappeso. La somma di questi elementi definisce l'efficienza del vano, che misura la bontà della nostra installazione. Infatti, più l'efficienza del vano è alta, meno energia viene dissipata in calore a causa degli attriti: in questo modo è possibile realizzare gli auspicati risparmi

The counterweight is needed to counterbalance the car weight, car load and connected devices, such as the operator, the flexible cables under the car, the section of the suspension ropes relevant to the car side.

In this configuration, the drum is replaced by a traction pulley.

The traction pulley, connected to an electric motor, drags the ropes by friction.

As it can be easily guessed, this way that the operation is carried out by the lifting machine is greatly reduced.

Let us examine the power needed to lift the load: if the counterweight load were exactly the same as the load to lift (car, passengers and connected devices), the operations to be carried out by the machine are only those needed to overcome the friction of the first starting and due to the mechanical efficiency of the shaft (pulley, guide shoes, etc.), and a totally different operation when it needs to brake and stop the car.

This condition is generally complied with when the lift is occupied by a load which generally represents the 50% of the rated load/capacity and it is located midway its travel.

This condition accomplishes the lift balance.

This choice of balance comes from the fact that statistically the car load condition of a lift is rarely equal to 100% (that is the car is loaded to its full load), and therefore if the counterweight balanced this load condition, we would have the most of the time to provide power for unwanted energy consumption.

As we have seen, the power needed is affected, besides the load, by the unbalanced load to move, also by the friction caused inside the travel shaft by mechanical devices making the traction configuration, such as the diverting and overhead sheaves, car and counterweight shoes.

The sum of these elements defines the shaft efficiency, measuring the quality of our installation. In fact the higher the shaft efficiency is, the lower the energy that is dissipated due to friction. In this way, it is possible to carry out the desired energy saving.

Last but not least, for high performance lift installations, it is important to take into consideration

energetici. Non da ultimo, per installazioni di ascensori aventi elevate prestazioni, occorre considerare la potenza dissipata in resistenza aerodinamica (che è proporzionale al quadrato della velocità nominale) che si genera durante il movimento della cabina e del contrappeso. Il tipo di configurazione sin qui descritto viene definito in tiro diretto (1:1) con puleggia di frizione, con o senza puleggia di deviazione. La presenza della puleggia di deviazione dipende dall'ingombro in pianta della cabina e dalla geometria dell'ascensore.

Come regola per valutare in modo approssimato la potenza espressa in kW che deve essere impegnata in un ascensore a funi con tiro diretto a pieno carico, si moltiplica la capienza espressa in persone per la velocità nominale della cabina espressa in metri al secondo. Ma esistono anche altre configurazioni, con taglie 2:1 o superiori, con macchina di sollevamento posta nel locale del macchinario (Fig. 3), in posizione adiacente, al di sopra o al di sotto del vano di corsa.

the power dissipated through the aerodynamic resistance (proportional to the square of the rated speed) produced during the car and counterweight movement.

The configuration type described above is defined as direct acting (1:1) with traction pulley, with or without diverting pulley.

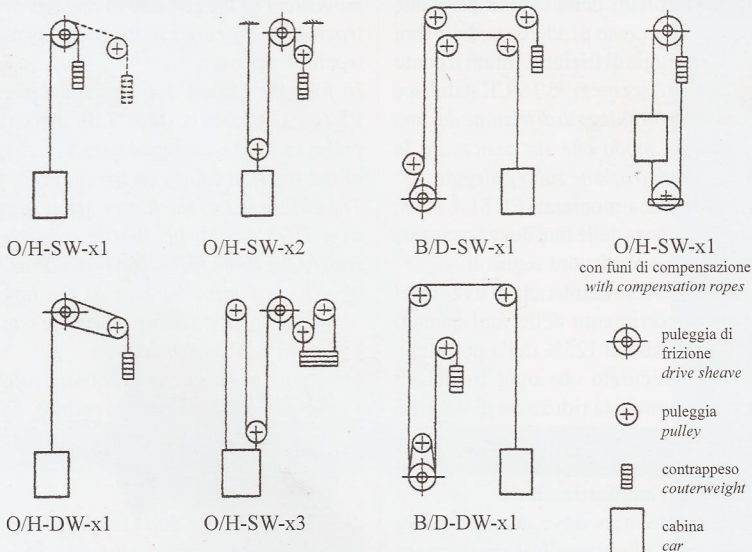
The presence of the diverting pulley depends on the car overall dimensions and on the lift geometry.

As a very approximate rule of thumb for the evaluation of the power in kW required in a roped lift, with direct acting and full load, you must multiply the number of persons (their weighting in kg) by the rated speed of the car (metres/sec).

But there are also other configurations, with 2:1 roping or higher, with lifting machine in the machine room (Fig. 3), adjacent, over or below the shaft.

Figura 3 - Configurazioni possibili di un impianto a funi

Figure 3 - Various layouts for rope systems



Legenda / Key

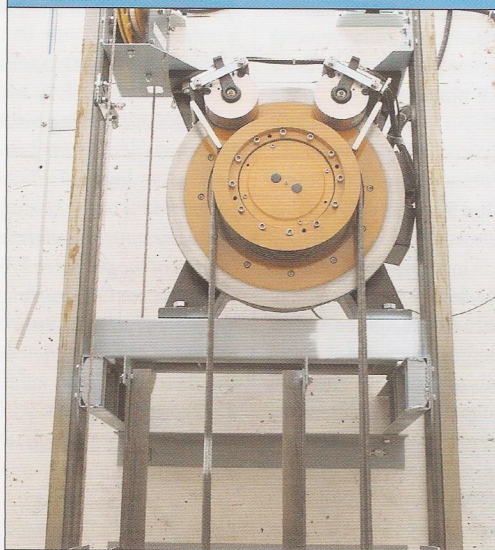
- | | | | |
|-----|------------------------------------|-----|-----------------------------------|
| O/H | in testata / overhead | D/W | doppio avvolgimento / double wrap |
| B/D | in basso / bottom drive | xn | fattore di taglia / roping factor |
| S/W | avvolgimento singolo / single wrap | | |

Una delle configurazioni attualmente più in voga, in quanto consente di ridurre le opere murarie accessorie all'installazione ed all'esercizio di un ascensore, è quella MRL, acronimo inglese che significa Machine Room-Less, o ascensore senza locale del macchinario. In questa configurazione, il macchinario di sollevamento è posto all'interno del vano di corsa, e, a seconda dei criteri progettuali adottati dai fabbricanti, può trovarsi in diverse posizioni (Fig. 4).

Uno dei problemi che devono essere attentamente valutati dal progettista di un ascensore a funi è il movimento incontrollato della cabina derivante dalla perdita o dall'eccesso di aderenza delle funi nelle gole della puleggia di frizione. Infatti il punto 1.4.4 della Direttiva Ascensori 95/16/CE stabilisce che "Gli ascensori con puleggia di frizione devono essere progettati in modo che sia assicurata la stabilità delle funi di trazione sulla puleggia". Il punto 9.3 delle norme armonizzate EN 81-1.1998, stabilisce che l'aderenza delle funi deve essere tale da soddisfare alle tre condizioni seguenti:

- a) la cabina deve essere mantenuta al livello del piano senza scorrimento delle funi quando essa è caricata fino al 125% della portata;
- b) deve essere assicurato che ogni frenata di emergenza provochi la riduzione di velocità della cabina, sia vuota sia caricata con la portata, ad un valore che non superi quello di calcolo degli ammortizzatori;
- c) la cabina vuota non deve potere essere spostata verso l'alto quando il contrappeso è in appoggio sugli ammortizzatori e un movimento di rotazione nel senso della salita viene impresso al macchinario.

Figura 4 - Ascensore a funi senza locale del macchinario
Figure 4 - Machine room-less elevator



One of the most commonly used configurations, because it allows to reduce the masonry works for the installation and the service of a lift, is the MRL, English acronym meaning Machine Room-Less, or lift without a machine room.

In this configuration, the lifting machine is located inside the shaft, and, according to design criteria adopted by the manufacturers, may be located in various positions (Fig. 4).

One of the problems to be carefully evaluated by the designer of a traction lift is the uncontrolled movement of the car due to the loss or excess of traction of the ropes in the pulley grooves of the traction sheave.

In fact the clause 1.4.4 of the Lifts Directive 95/16/EC establishes that "Lifts driven by friction pulleys must be designed so as to ensure stability of the traction cables on the pulley".

The clause 9.3 of the harmonised standards EN 81-1.1998, establishes that the rope traction must satisfy the three following conditions:

- a) The car must be kept at the landing level without rope sliding when the car is loaded up to 125% of its load;*
- b) It must be guaranteed that each safety braking causes the car speed to reduce, both at zero load and full load, for a value not exceeding the buffer calculation;*
- c) The empty car must not be moved upwards when the counterweight is resting on the buffers and a rotational movement in the upwards direction is given to the drive machine.*

I primi due punti riguardano la perdita di aderenza, mentre il terzo riguarda l'eccesso di aderenza (la ben nota condizione di traino). L'Appendice M delle norme armonizzate EN 81-1:1998 riporta lo schema di calcolo per il corretto dimensionamento di un ascensore a funi; i parametri geometrici che maggiormente influenzano la stabilità delle funi, sono l'angolo di avvolgimento delle funi sulla puleggia di frizione (α - Fig. 5) e gli angoli che caratterizzano il profilo delle gole delle pulegge di frizione (β e γ - Fig. 6).

The first two clauses relate the traction loss, while the third is the traction excess (the well known driving condition).

The Annex M of the harmonised standards EN81-1:1998 shows the calculation scheme for the correct dimensioning of a traction lift; the geometrical parameters mostly affecting the rope stability are the rope wrap angle on the traction sheave (α - Fig. 5) and the angles characterising the sheave groove profile (β and γ - Fig. 6).

Figura 5 - Angolo di avvolgimento
Figure 5 - Angle of wrap

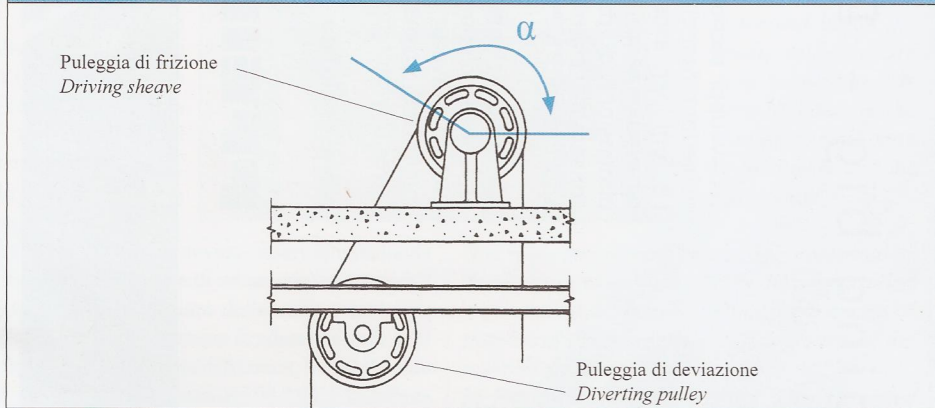
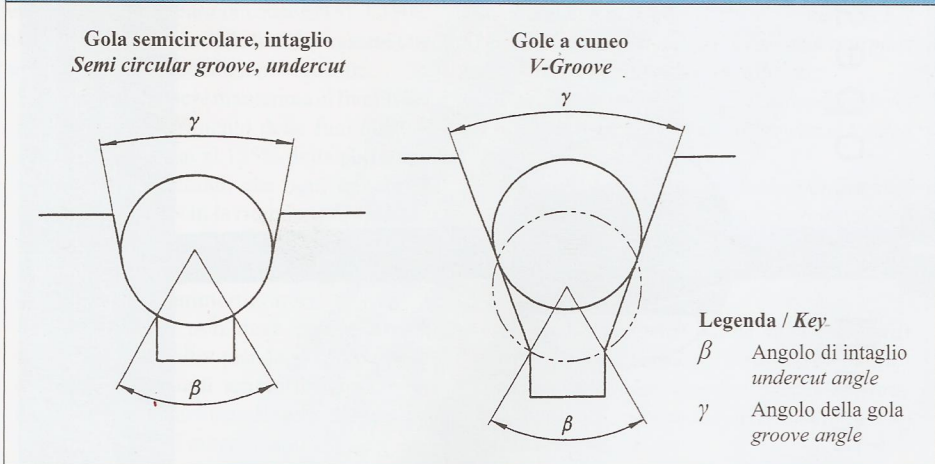


Figura 6 - Angoli caratteristici del profilo delle gole
Figure 6 - Typical angles of groove profile



Una delle condizioni che favoriscono la perdita di aderenza delle funi sulla puleggia di frizione si verifica quando la cabina viene sovraccaricata. Questa condizione si verificava tipicamente in alcune classi di ascensori, come ad esempio i montalettighe all'interno degli ospedali. Per ovviare a questo inconveniente, ci viene in aiuto la norma armonizzata EN 81-1:1998, che al punto 8.2 stabilisce la relazione che deve intercorrere tra la superficie utile della cabina, la portata e la capienza, espressa come numero di persone che la cabina può contenere. In questo modo, il progettista ha a disposizione un valido ausilio che gli consente di evitare l'insorgere di pericolose condizioni di sovraccarico della cabina. Ma le fatiche del progettista non sono terminate! Infatti egli deve anche considerare attentamente il livello di sicurezza degli elementi di sospensione della cabina. Il punto 1.3 della Direttiva Ascensori 95/16/CE, stabilisce, tra gli altri, alcuni requisiti essenziali che riguardano il livello di sicurezza totale degli elementi di sospensione, in modo da ridurre al minimo il rischio della caduta della cabina. In questo punto, si stabilisce anche che le funi devono essere almeno due, indipendenti l'una dall'altra, ciascuna con un proprio sistema di attacco. Questi requisiti si traducono nei punti 9.1 (Sospensione) e 9.2 (Rapporti tra il diametro delle pulegge di frizione, delle pulegge, del tamburo e il diametro delle funi, attacchi delle funi/catene) delle norme EN 81-1:1998, che stabiliscono i criteri di calcolo, la classe di resistenza ed i coefficienti di sicurezza che devono possedere le funi di sospensione.

Le prove che possono essere eseguite su un ascensore a funi sia durante le verifiche periodiche sia nelle visite di manutenzione, sono quelle relative allo scorrimento, con verifica dell'aderenza e della stabilità, e alla verifica dello stato di usura delle funi. ■

One of the conditions causing the loss of rope traction on the sheave occurs when the car is overloaded.

This condition usually occurred in some lift classes, such as the bedlifts in hospitals.

In order to avoid this inconvenience, the harmonised standard EN 81-1:1998, in clause 8.2, establishes the relationship between the car's useful surface, the load and the capacity, expressed in the number of people contained in the car.

In this way, the designer is provided with a useful tool allowing him/her to avoid any car overload dangerous conditions.

But designer's challenges are not over!

In fact the designer must carefully take into consideration the safety level of the car suspension elements.

The clause 1.3 of the Lifts Directive 95/16/EC establishes, among others, some of the essential safety requirements for the suspension elements so as to reduce to the minimum the risk of car falling.

In this clause, it is established that the ropes must be at least two, one independent from the other, each one with its own attachment system.

These requirements are included in clauses 9.1 (Suspensions) and 9.2 (Relations between the diameter of the friction pulleys, the sheaves, the drum and the rope diameter, rope and chain attachments) of standards EN 81-1:1998 establishes the required suspension rope calculation criteria, class of resistance and safety ratios.

Tests that must be carried out on a traction lift both during the periodic assessments and the maintenance inspections, are those relevant to the traction, with assessment of traction and stability, and assessment of rope wear and tear conditions. ■