

## **Treball final de grau**

**Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica**

**Títol: Mitigació i mesures de soroll i emissions radioelèctriques dels aparells d'elevació (ascensors) per complir amb el codi tècnic de l'edificació (CTE) DB-HR i el RD 1066/2001**

**Document:** Memòria

**Alumne:** Gabriel Díaz Gutiérrez

**Tutor:** Dr. Jordi Comas Baron

**Departament:** EMCI

**Àrea:** Enginyeria de la Construcció

**Convocatòria (Setembre/2019)**

## ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ.....	4
1.1 Antecedents .....	4
1.2 Objecte.....	4
1.3 Abast.....	4
2. TIPOLOGIA I CARACTERÍSTIQUES DELS ELEVADORS QUE AFECTEN AL NIVELL SONOR I RADIOÈLECTRIC .....	5
2.1 Elevador elèctric amb reductor sense variador de freqüència .....	8
2.1.1 Descripció del disseny .....	8
2.2 Elevador elèctric amb reductor i variador de freqüència .....	11
2.2.1 Descripció del disseny .....	11
2.3 Elevador elèctric sense reductor i amb variador de freqüència .....	13
2.3.1. Descripció del disseny. ....	13
2.4 Elevador hidràulic.....	16
2.4.1. Descripció del disseny. ....	17
3. METODOLOGIA PER PRENDRE MESURES.....	19
3.1 Sonòmetre.....	19
3.2 Oscil·loscopi.....	20
3.2 Bobina de couré .....	21
4. ELEVADORS ELÈCTRICS.....	22
4.1. ELEVADOR ELÈCTRIC AMB REDUCTOR SENSE VARIADOR DE FREQUÈNCIA .....	22
4.1.1 Resultats de les mesures acústiques.....	22
4.1.2 Resultats de les mesures radioelèctriques.....	23
4.2. ELEVADOR ELÈCTRIC AMB REDUCTOR I VARIADOR DE FREQUÈNCIA .....	24
4.2.1 Resultats de les mesures acústiques.....	24
4.2.2 Resultats de les mesures radioelèctriques.....	25
4.3. ELEVADOR ELÈCTRIC SENSE REDUCTOR I AMB VARIADOR DE FREQUÈNCIA .....	26
4.3.1 Resultats de les mesures acústiques.....	26
4.3.2 Resultats de les mesures radioelèctriques.....	27
5. ELEVADOR HIDRÀULIC.....	28
5.1 Resultats de les mesures acústiques.....	28
5.2 Resultats de les mesures radioelèctriques.....	29
6. COMPLIMENT DE LA NORMATIVA VIGENT A APARELLS ELEVADORS .....	30
6.1 Compliment de la normativa vigent enfront les emissions radioelèctriques .....	30

6.2 Compliment de la normativa vigent de protecció enfront les emissions acústiques .....	32
7. POSSIBLES SOLUCIONS PER DONAR COMPLIMENT A LA NORMATIVA VIGENT.....	34
7.1 Possibles solucions per mitigar les emissions radioelèctriques .....	34
7.2 Possibles solucions per mitigar les emissions acústiques .....	35
8. RELACIÓ DE DOCUMENTS .....	38
ANNEX A: CÀLCULS.....	39
A.1 Calibratge de la bobina .....	40
A.2 Càlcul de la càrrega del motor amb suspensió 1:1 .....	43
A.3 Càlcul de la càrrega del motor amb suspensió 2:1 .....	45
A.4 Càlcul reducció sonora .....	47
ANNEX B: SUPORT FOTOGRÀFIC DE LES MESURES PRESES .....	48
B.1 Motor amb reductor sense variador de freqüència .....	49
B.1.1 Mesures sonòmetre .....	49
B.1.2 Mesures lector radioelèctriques .....	52
B.2 Motor amb reductor amb variador de freqüència .....	57
B.2.1 Mesures sonòmetre .....	57
B.2.2 Mesures lector radioelèctriques .....	61
B.3 Motor sense reductor amb variador de freqüència .....	68
B.3.1 Mesures sonòmetre .....	68
B.3.2 Mesures lector radioelèctriques .....	72
B.4 Hidràulic .....	80
B.4.1 Mesures sonòmetre .....	80
B.4.2 Mesures lector radioelèctriques .....	83

## **1. INTRODUCCIÓ**

### **1.1 Antecedents**

Antigament, les instal·lacions d'elevadors (ascensors) s'instal·laven compostes de conjunts moto-reductors o grups hidràulics responsables de la part motriu de les mateixes.

Amb el pas dels anys, els elevadors han anat evolucionant amb l'aparició de noves tecnologies aplicables al món del desplaçament vertical com poden ser els motors Gearless (motors d'imants permanents), variadors de freqüència o maniobres més modernes. Deixant les primeres en una posició de quasi obsolescència.

Les normatives de seguretat han fet que les instal·lacions s'hagin d'anar actualitzant per donar compliment a aquestes. Dins d'aquestes normatives també han aparegut restriccions de les emissions acústiques i radioelèctriques les quals generen un malestar als usuaris i fins i tot poden generar diferents malalties.

Però es necessari saber si les instal·lacions existents compleixen o no amb aquesta normativa per determinar si cal modernitzar la instal·lació o adequar la sala de màquines per reduir-les.

### **1.2 Objecte**

Aquest projecte té com a objectiu mesurar les emissions sonores i radioelèctriques que es generen a les sales de les instal·lacions d'elevadors (ascensors). Per determinar quina és la millor solució per donar compliment dels requeriments de soroll del CTE (DB-HR) i les emissions radioelèctriques RD 1066/2001 a instal·lacions que plantegen una substitució d'aquestes o de la adequació de la sala de màquines.

### **1.3 Abast**

L'abast d'aquest projecte inclou unes mesures a camp de les emissions acústiques i radioelèctriques de diferents aparells d'elevació (elèctrics amb reductor i sense variador de freqüència, elèctrics amb reductor i variador de freqüència, elèctrics sense reductor i amb variador de freqüència i hidràulics) i dels seus components: maniobres, motor (arrancada, funcionament règim continu, canvi de velocitat i règim de velocitat reduïda), els frens i el variador de freqüència.

Valorar les diferents opcions de mitigació d'aquestes emissions acústiques/radioelèctriques per donar compliment al document bàsic DB-HR del CTE i el Reial Decret 1066/2001.

## 2. TIPOLOGIA I CARACTERÍSTIQUES DELS ELEVADORS QUE AFECTEN AL NIVELL SONOR I RADIOÈLECTRIC

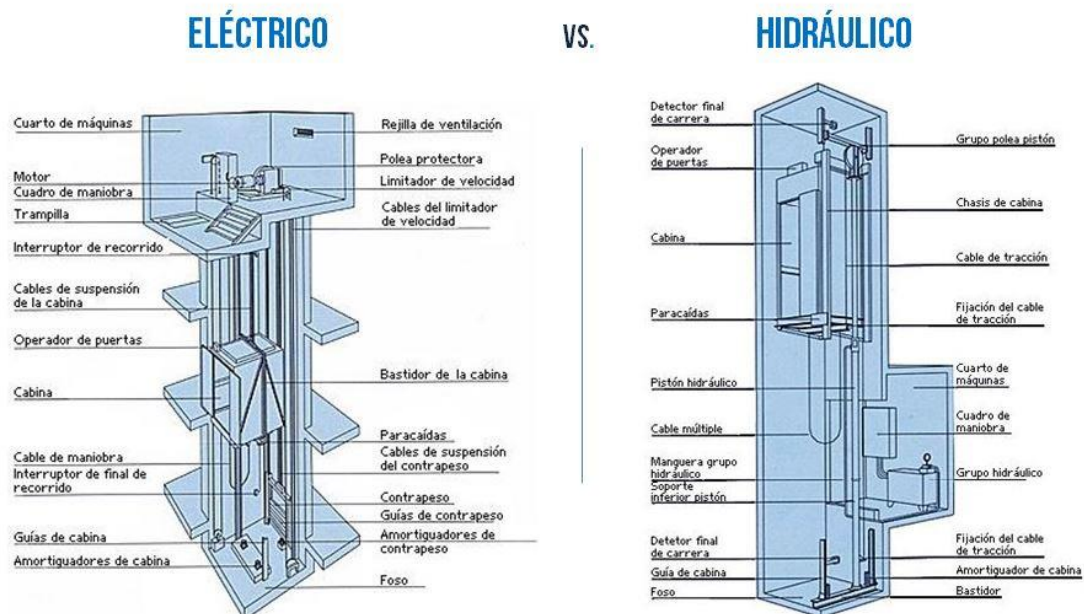


Figura 1: Principals diferències entre elevador hidràulic i elevador elèctric

La principal diferència entre elevadors elèctrics i hidràulics “Figura 1” seria el tipus d'accionament. Als elevadors hidràulics aquest s'aconsegueix a través d'una bomba hidràulica acoblada a un motor elèctric. La cabina puja lliscant per les guies gràcies a la injecció d'oli a pressió dins d'un pistó (amb una politja a la part superior d'aquest que mou els cables de tracció) a través de les vàlvules, regulant així la velocitat. El motor només està en funcionament quan puja, per baixar simplement s'obre la vàlvula i la cabina baixa lliscant per les guies per gravetat quan comença a buidar-se poc a poc el pistó d'oli que retorna a la central hidràulica. Això fa que no es consumeixi en baixada. La central hidràulica constituïda per el motor i el grup hidràulic acostumen a situar-se assota, prop del fossat del aparell elevador, ja sigui a la planta baixa o al primer pis. Del contrari el grup hidràulic hauria de retornar l'oli a la central, augmentant considerablement el consum. Cal destacar que els motors dels grups hidràulics, tenen un consum molt elevat ja que no compten amb contrapès (han de poder amb la totalitat de la càrrega). Això fa que la potència contractada sigui major i la factura augmenti de valor.

L'elevador elèctric en canvi té un motor amb una politja per la que passen els cables/corretges (aquestes ultimes sotmeses a patents d'alguns fabricants). D'un costat penja la cabina i de l'altre un contrapès que serveix per anivellar la càrrega del sistema i reduir la potència necessària de la màquina. D'aquesta manera la cabina/contrapès llisquen per les guies. Aquí el motor funciona tant a pujada com a baixada.

Avui en dia, s'acostuma a instal·lar elevadors elèctrics sense reductor i amb variador de freqüència a edificis de nova construcció ja que s'instal·len sense necessitat de sala de màquines (màquina més politja a la part superior del forat de l'elevador i maniobra a al marc de la porta superior).

Això facilita molt el treball dels arquitectes, degut a que gràcies al contrapès (que té un pes constituït per el pes total de la cabina més la meitat del pes de la càrrega màxima "Figura 2") el sistema elevador es troba equilibrat i no es requereix de potents màquines per poder moure l'elevador, ja que aquest com a molt han de poder moure la meitat de la càrrega màxima.

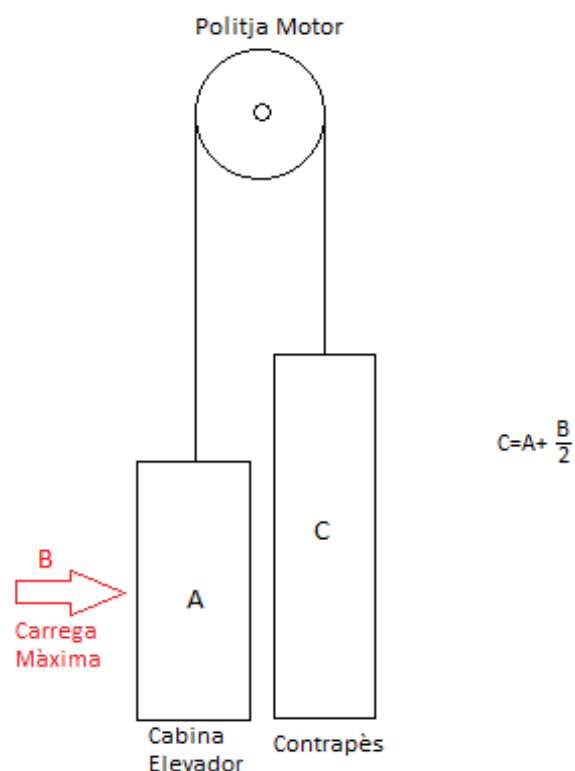


Figura 2: Representació del calibrat de càrrega d'un elevador elèctric

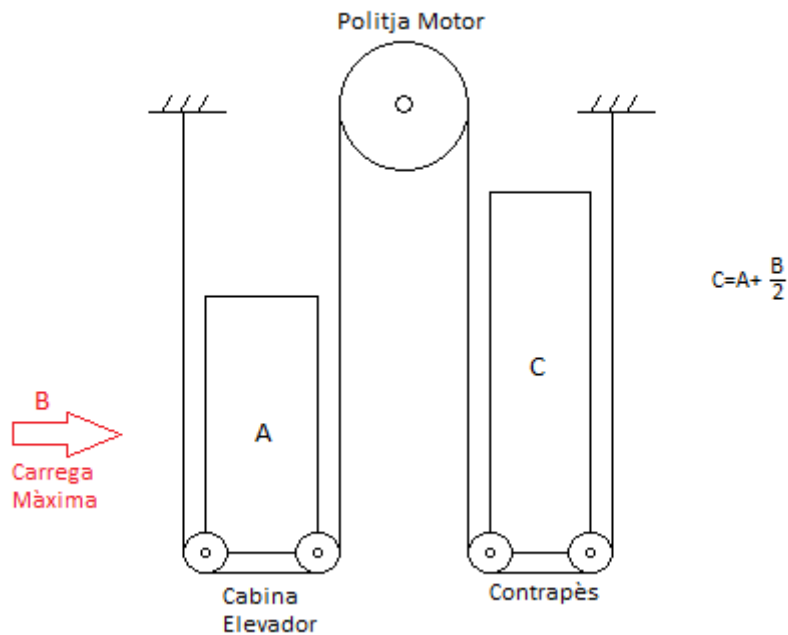


Figura 3: Representació del calibrat de càrrega d'un elevador elèctric amb suspensió 2:1

Com es pot observar a la "Figura 3", existeix la possibilitat de suspendre cabina i contrapès amb un sistema de politges. Això redueix la càrrega moguda per el motor tant a pujada com a baixada a la meitat i fa que l'elevador elèctric es pugui fer servir per pujar grans càrregues com a muntacàrrega sacrificant velocitat de viatge (feina normalment desenvolupada per els elevadors hidràulics).

Això es tradueix en una disminució de les emissions acústiques degut a la reducció de la mida del motor (de igual potencia en la suspensió 1:1 i la 2:1).

Al Document 3: CÀLCULS es justifica com es possible que el motor mogui la meitat de la càrrega en els sistemes de suspensió 1:1 i un quart de la càrrega en els sistemes de suspensió 2:1.

Cal destacar la impossibilitat de modernitzar una instal·lació existent a suspensió 2:1 sense modificar el xassís d'aquesta (transformació total de la instal·lació) .

## 2.1 Elevador elèctric amb reductor sense variador de freqüència

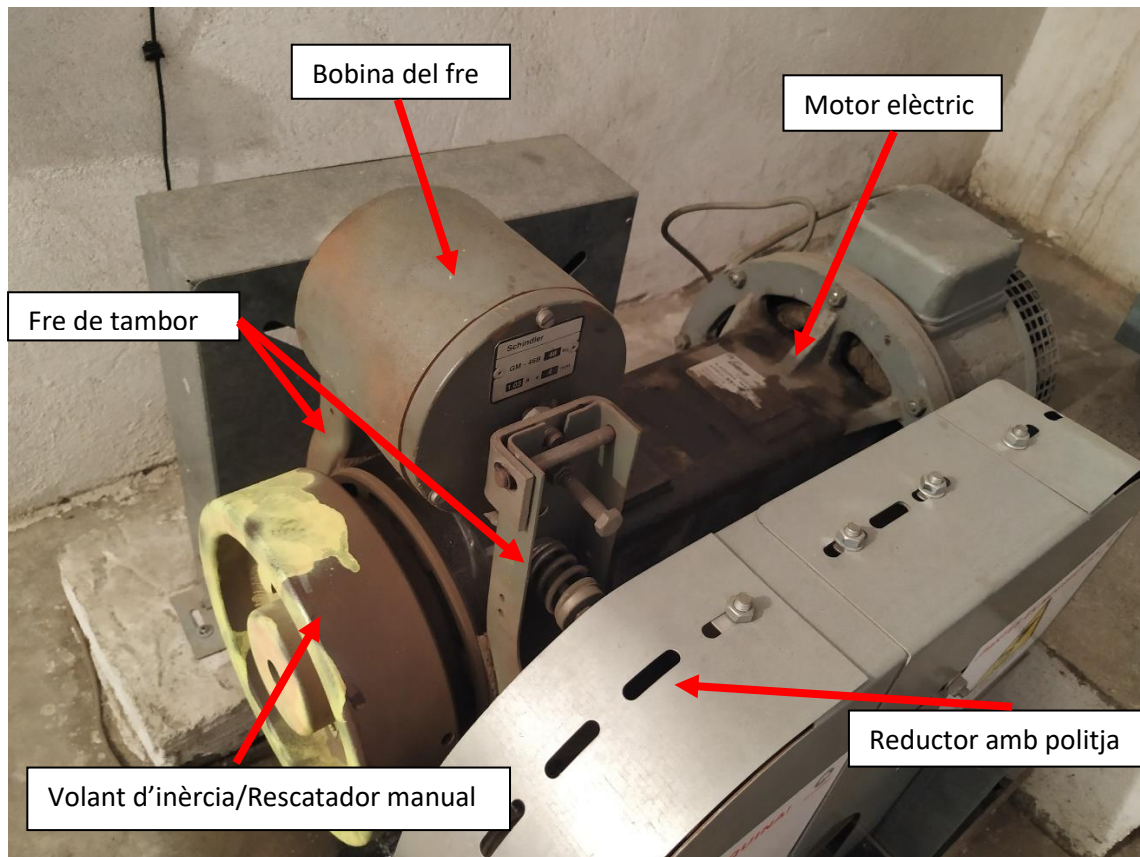


Figura 4: Motor amb reductor

### 2.1.1 Descripció del disseny

Es tracta d'un elevador que disposa d'un motor de gran dimensions "Figura 4" amb un reductor y engranatges (Motor Geared). En aquest cas treballa sense variador de freqüència sent controlat únicament pel quadre de maniobra "Figura 5". La qual cosa genera unes acceleracions molt altes fins que s'arriba a velocitat nominal així com unes desacceleracions també molt elevades. Això deriva en unes sotragades que generen molt de soroll i desgast mecànic a les parts sotmeses a forces de fricció (cables de tracció, politja, guiadors, etc...). Per reduir aquesta problemàtica s'incorpora un volant d'inèrcia per tal de fer que el sistema sigui més gradual a la seva acceleració/desacceleració. El sistema necessita d'un motor d'una potència elevada avui dia, degut a que a de ser capaç de moure el reductor, volant d'inèrcia, el diferencial de tram de cable de tracció i el diferencial de la càrrega cabina/contrapès. Tota aquesta càrrega en moviment es desaccelera per els frens de tambor, patint aquest un desgast molt gran i generant unes emissions acústiques molt elevades "Fotografia 4".



També és més habitual que es desajustin les parades (la cabina es passi de cursa) degut a la ràpides amb la que rep tracció a cabina.

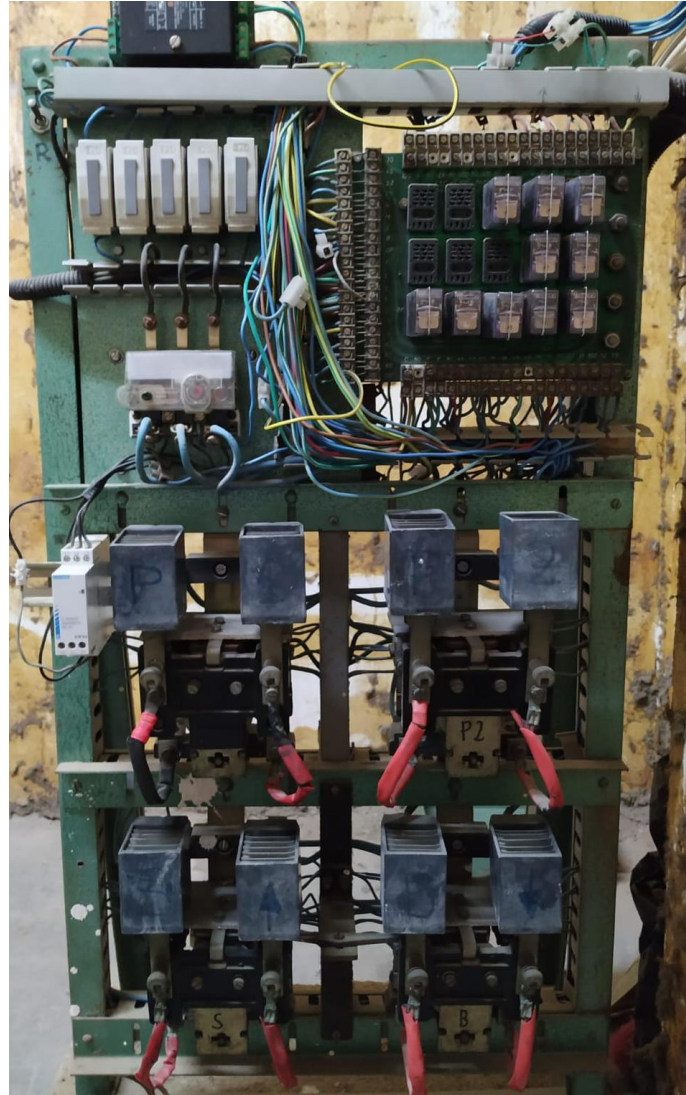


Figura 5: Quadre de maniobra

Avui dia aquest sistema està obsolet i s'està modernitzant. S'acostuma a posar un variador de freqüència ja que d'aquesta manera l'acceleració/desacceleració es gradual i els frens tan sols actuen quan el sistema està en repòs (reduint dràsticament el desgast del sistema i oferint molt millors prestacions). Si es recorre a canviar maniobra (maniobra de relés poc sonora en repòs "Fotografia 1" i molt sonora quan actua un relé "Fotografia 17") , el sistema és molt menys sonor degut a que les plaques electròniques actuals no compten amb tants relés i aquests són d'una mida inferior. També fa que les averies siguin més senzilles de detectar.

Canviar el motor tractor per un tipus Gearless ens assegura un consum fins i tot un 40% més reduït, ja que el sistema és menys inercial al no fer servir reductor, volant d'inèrcia (si es posa variador de freqüència a la maquina Geared també es pot eliminar), es menys sonor ("Fotografia 3 i 19" comparada amb "Fotografia 40") i tenim al mercat fabricants que utilitzen cintes en comptes de cables (menys sonores degut al revestiment de goma que porten per augmentar el coeficient de fricció i que proporcionen menys inèrcia al sistema).

La decisió de modernitzar la instal·lació esta sotmesa a diferents factors com poden ser, compliment de normativa, econòmics, prestacions o per seguretat (aquest últim cas depèn de l'estat de la instal·lació, ja que si la corona del reductor esta molt malmesa, es podria arribar a trencar provocant un moviment incontrolat de la politja i darrerament de la cabina).

També existeix una problemàtica de seguretat relacionada amb el xassís del aparell. Si les cunyes (sistema que fa encunyar la cabina mitjançant el limitador de velocitat contra les guies en cas de que superi certa velocitat) no actuïn per desgast (indústria fa la inspecció cada 2/4 anys dependent de la tipologia de la instal·lació) i el fabricant les a deixat de fabricar, no es pot adaptar una altra tipologia de cunyes. Es necessari la transformació total de la instal·lació (això només acostuma a passar amb elevadors molt antics).

## 2.2 Elevador elèctric amb reductor i variador de freqüència

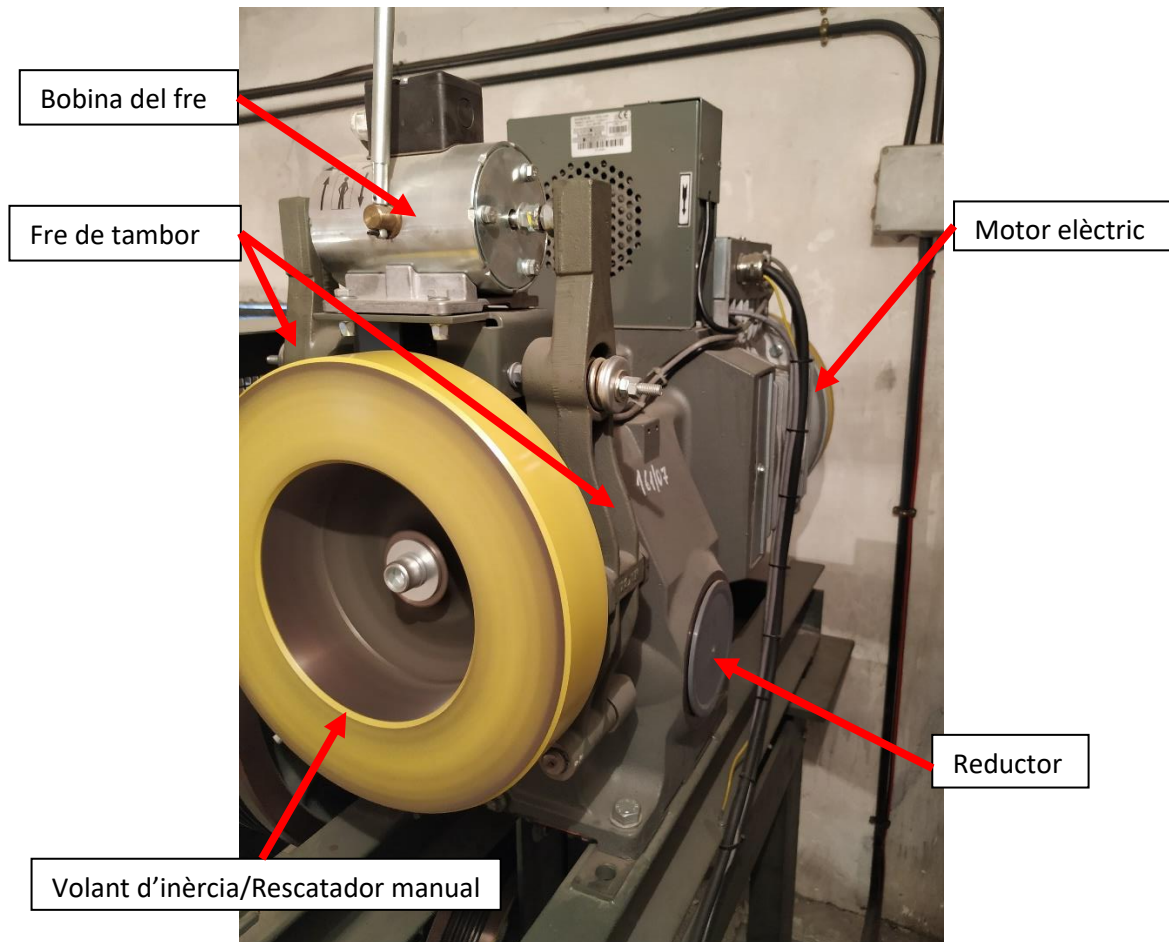


Figura 6: Motor amb reductor

### 2.2.1 Descripció del disseny

Es tracta d'un elevador "Figura 6" de característiques semblants als del apartat 2.1 però que en aquest cas s'ha modernitzat i treballa amb variador de freqüència "Figura 7". La qual cosa fa que aquest motor pugui accelerar/desaccelerar de forma progressiva generant un desgast molt més reduït a les parts sotmeses a forces de fricció (cables de tracció, politja, guiadors, etc...) i la millora de prestacions (viatge més suau, no es passa de cursa tant sovint etc...).

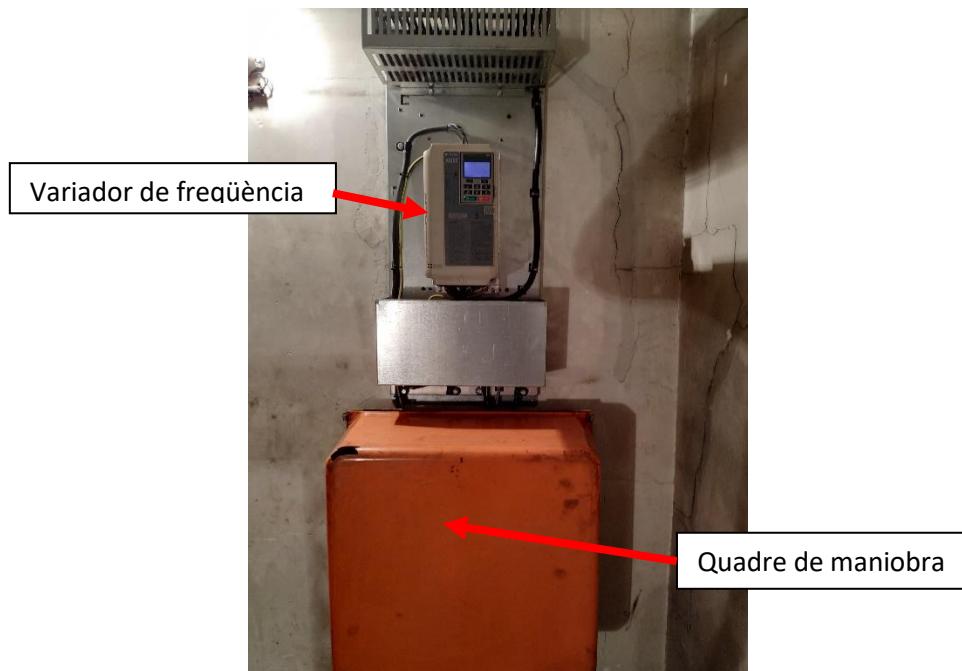


Figura 7. Variador de freqüència i quadre de maniobra

Tot i que encara es fabriquen d'obra nova màquines amb reductor i variador de freqüència, el més habitual és que aquestes instal·lacions siguin fruit d'una modernització, d'un Motor Geared sense variador de freqüència per millorar les prestacions d'aquest.

La frenada del motor acostuma a dependre del variador de freqüència i no dels frens (que només actuaran quan el motor estigui en repòs si la maniobra o permet), amb això aconseguim una reducció considerable de les emissions acústiques "Fotografia 4" comparada amb "Fotografia 21 i 43". Tot i que millora degut a que l'elevador es troba desaccelerat, no s'ha modernitzat la maniobra, amb la qual cosa el fre actua abans de que el motor estigui en repòs. Per tant el modernitzar la instal·lació posant un variador de freqüència però sense modernitzar la maniobra no ens garanteix una disminució acústica dels frens efectiva.

Bàsicament el seu problema és degut a un consum fins i tot un 40% superior al d'un motor Gearless i que en aquest cas en concret no s'ha modernitzat el quadre de maniobra "Figura 7" i tota la resta de possibles problemàtiques de reductor i xassís esmenats al apartat 2.1.

### 2.3 Elevador elèctric sense reductor i amb variador de freqüència

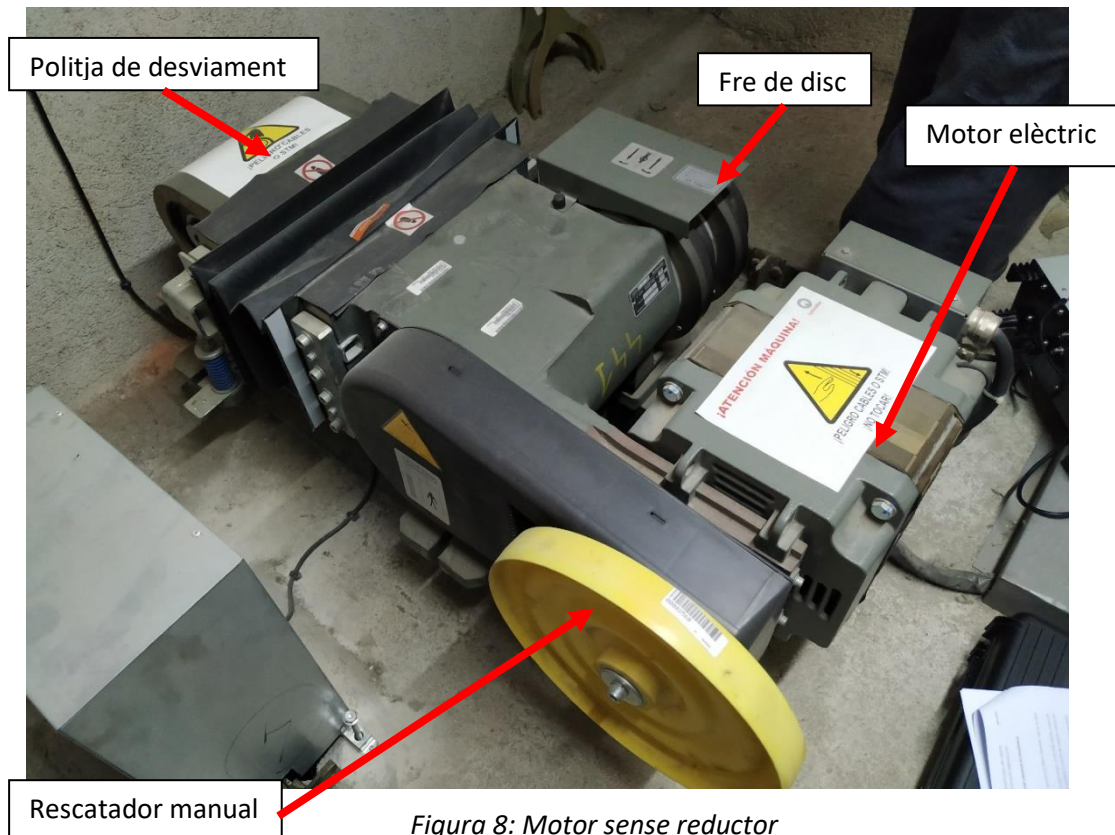


Figura 8: Motor sense reductor

#### 2.3.1. Descripció del disseny.

Es tracta d'un elevador amb motor d'imants permanents "Figura 8" (Motor Gearless), que no fa servir reductor.

La principal avantatge d'aquest motor es que es molt potent/ràpid i d'una mida reduïda, podent fer efectiva la seva instal·lació dins del forat sense necessitat d'una sala de maquines (també pot anar a la sala de maquines). Això fa que les emissions acústiques siguin més reduïdes al motor "Fotografia 40".

Per contrapartida les emissions radioelèctriques que generen per la seva naturalesa d'imants permanents es molt elevada "Fotografia 51 i 52" i "Fotografia 53 i 54".

També s'ha de tenir en compte que al no existir reductor s'eviten possibles ruptures de corona amb el moviment descontrolat de la politja/cabina que això suposaria.

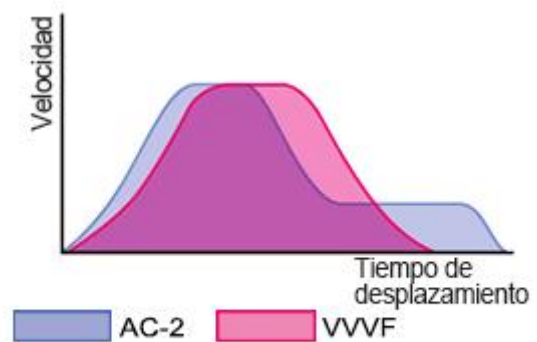


Figura 9: Variador de freqüència

Figura 10: Corba velocitat/temps de desplaçament (en rosa el variador de freqüència i en blau un elevador sense variador de freqüència de dos velocitats)

Al funcionar amb variador de freqüència “Figura 9” l’acceleració/desacceleració de l’aparell és més progressiva “Figura 10”, reduint així el desgast de les parts que estan sotmeses a forces de fricció (corretges, cables de tracció, Guiadors, etc...).

Els frens “Figura 8” són de disc i només actuen quan la maquina esta en repòs perquè la maniobra “Figura 11” ho permet. D’aquesta manera es redueix la fricció, augmenta la vida útil d’aquest i es redueix les emissions acústiques (en especial dels frens “Fotografia 43”).

El consum d’un motor Gearless es fins i tot un 40% més reduït que en el cas de una maquina amb reductor. Com es comenta en el punt 2.1 aquestes instal·lacions compten amb politges molt més reduïdes, possibles cintes envers cables de tracció (en aquest cas porta cintes) i no fan servir volant d’inèrcia. Això redueix molt el consum/mida del motor degut a que el sistema es menys inercial.



Figura 11: Quadre de maniobra

El quadre de maniobra “Figura 11” és més modern i no fa servir tants relés i els que té són d’una mida més reduïda. Reduint així també les emissions sonores “Fotografia 38” i fent que les averies siguin més fàcils de solucionar.

Aquest tipus d’instal·lacions, que compten amb unes politges d’una mida inferior (menys superfície de fricció amb la disminució d’emissions sonores corresponent), també acostumen a portar sistema 2:1 “Figura 3” la qual cosa fa que sacrificant velocitat d’elevació es pugui augmentar la carrega màxima de cabina i disposar d’un possible muntacàrrega.

## 2.4 Elevador hidràulic

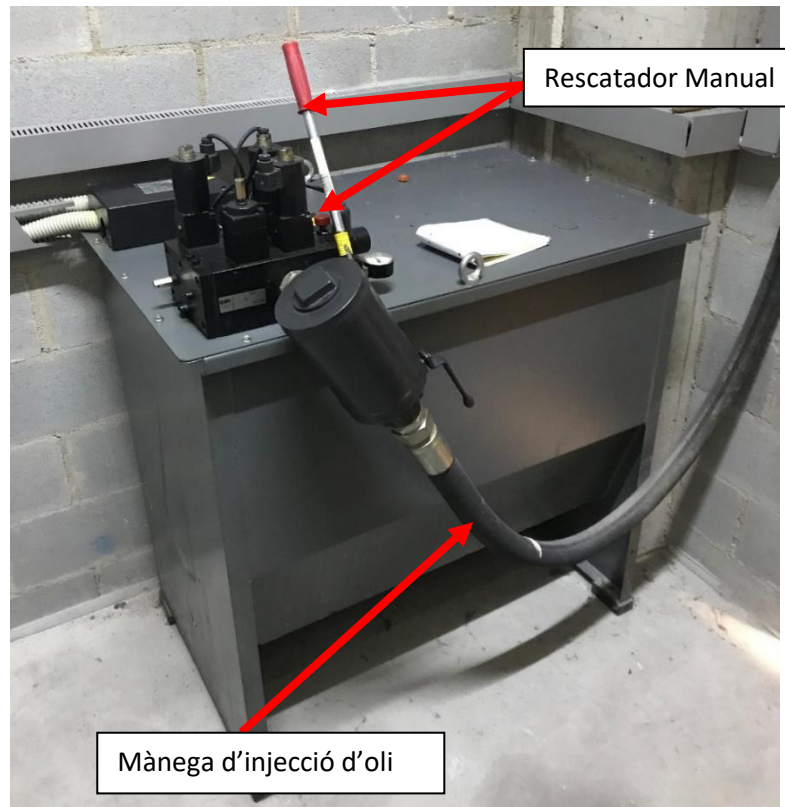


Figura 12: Conjunt hidràulic

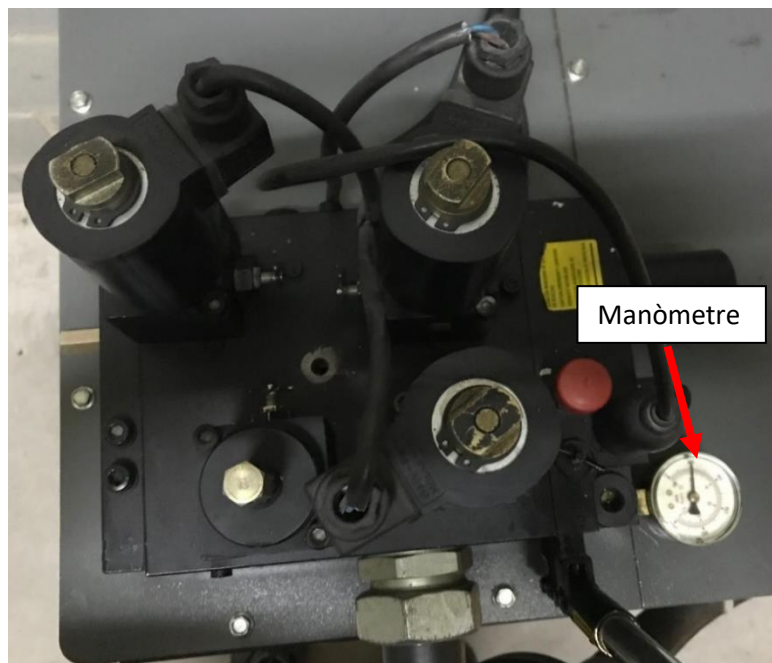


Figura 13: Grup de vàlvules



#### 2.4.1. Descripció del disseny.

El conjunt hidràulic "Figura 12" que pertany a l'elevador aconsegueix la tracció a través d'una bomba hidràulica acoblada a un motor elèctric. La cabina puja lliscant per les guies gràcies a la injecció d'oli a pressió dins d'un pistó (amb una politja a la part superior d'aquest que mou els cables de tracció) a través de les vàlvules, regulant així la velocitat. El motor només està en funcionament quan puja, per baixar simplement s'obre la vàlvula i la cabina baixa lliscant per les guies per gravetat al buidar-se el pistó d'oli que retorna a la central hidràulica. Això fa que no es consumeixi en baixada. La central hidràulica constituïda pel motor i el grup de vàlvules acostumen a situar-se a sota, prop del fossat del aparell elevador, ja sigui a la planta baixa o al primer pis. De no ser així el consum augmentaria degut a que no es podria produir el buidat per gravetat i seria necessària l'actuació del grup hidràulic.



Figura 14: Quadre de maniobra

L'elevador es controlat per el quadre de maniobra "Figura 14" que dona ordres al motor (situat dins del grup hidràulic) i al grup de vàlvules "Figura 13" (Aquest grup de vàlvules generen unes emissions radioelèctriques molt grans ja que es tracte de bobines "Fotografia 71, 72, 73, 74, 75

i 76). Aquestes maniobres no han evolucionat tant i encara acostumen a portar molts relés, amb la qual cosa es generen emissions acústiques elevades “Fotografia 61”.

Aquests elevadors requereixen d'un motor de gran potencia, la qual cosa fa que la factura elèctrica incrementi molt ja que requereix contractar una potencia molt elevada i que es generi unes emissions acústiques molt elevades “Fotografia 63,64 i 65” degut al moviment de l'oli a la mànegua.

També acostumen a ser elevadors tipus motxilla (guies no centrades a la cabina) per una qüestió d'espai (el pistó ocupa una gran part del forat del elevador, combinat amb la porta d'aquest, no queda més remei que col·locar les guies a la part posterior de la cabina) amb la qual cosa es genera una fricció important de guiadors degut a la palanca que fa la cabina sobre les guies “Figura 15”.

Aquests elevadors generen unes emissions acústiques importants a les sales de maquines i no poden ser tan ràpids degut a la seva naturalesa hidràulica. Però permeten pujar més carrega que en el cas dels elèctrics i és per això encara tenen mercat com a muntacàrregues.

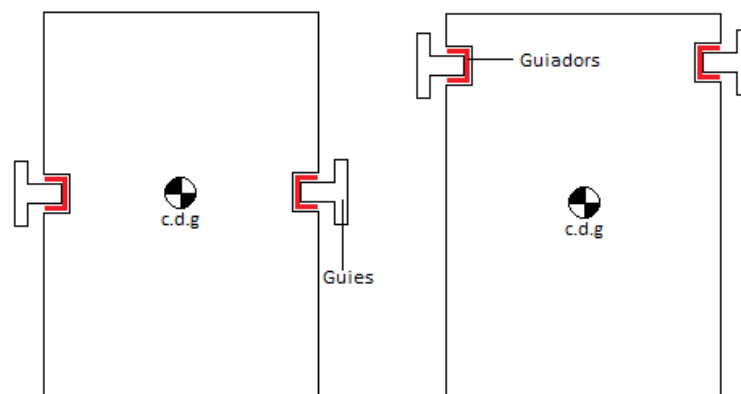


Figura 15: Vista superior ascensor guies centrades a la esquerra de la imatge i tipus motxilla a la dreta d'aquesta.

### 3. METODOLOGIA PER PRENDRE MESURES

Per poder prendre les mesures acústiques s'ha fet servir un sonòmetre comercial.

Però per realitzar les mesures radioelèctriques s'ha combinat un oscil·loscopi comercial amb una bobina de fabricació casera. Aquesta última s'ha agut de dissenyar exprés per que funcioni en combinació amb l'oscil·loscopi i poder realitzar mesures radioelèctriques.

#### 3.1 Sonòmetre



*Figura 16: Sonòmetre CESVA SC420 (esquerra)*

*Figura 17: Mètode de calibratge del sonòmetre (dreta)*

Per prendre les mesures sonores es fa servir un sonòmetre professional "Figura 16".

Per tal de garantir que les mesures captades per el sonòmetre "Figura 16" aquest cal ser calibrat. Aquest es calibrarà abans de cada mesura a les diferents sales de màquines col·locant el calibrador (aparell que emet 94dB exactes) "Figura 16" al micròfon del mateix amb l'aparell connectat en mode lectura sonora mètrica. La mesura que ha de mostrar el sonòmetre ha de ser exactament 94 dB per assegurar que fa les lectures correctament tal i com es mostra en la "Figura 17". En cas de no mostrar la intensitat sonora pertinent, s'efectuarà la correcció d'acord amb la taula explicativa que incorpora el manual d'instruccions CESVA.

Es prenen tres mesures de totes les lectures per tal de comprovar que cap mesura ha sigut alterada per un altre part de la instal·lació.

### 3.2 Oscil·loscopi

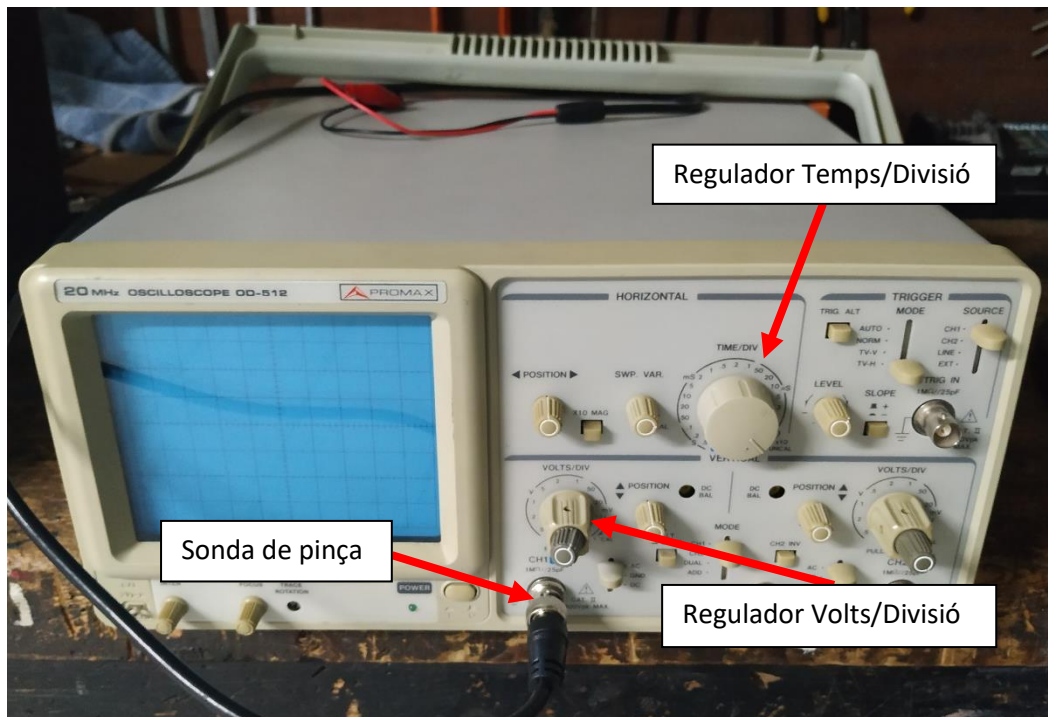


Figura 18: Oscil·loscopi PROMA X 00-512

Es fa servir un oscil·loscopi per fer les mesures radioelèctriques “Figura 18”. Es connecta cadascuna de les bornes de la sonda de pinça “Figura 18” a la bobina i es col·loca aquesta a la zona a mesurar.

Amb el regulador Volts/Divisió “Figura 18” es va buscant que l'amplitud de la ona estigui dintre de rang, per altra banda amb el regulador Temps/Divisió “Figura 18” s'aconsegueix poder fer la ona més mesurable. Es tracta d'anar ajustant els dos reguladors fins que es pugui fer la lectura de la ona sinusoidal.

### 3.2 Bobina de coure

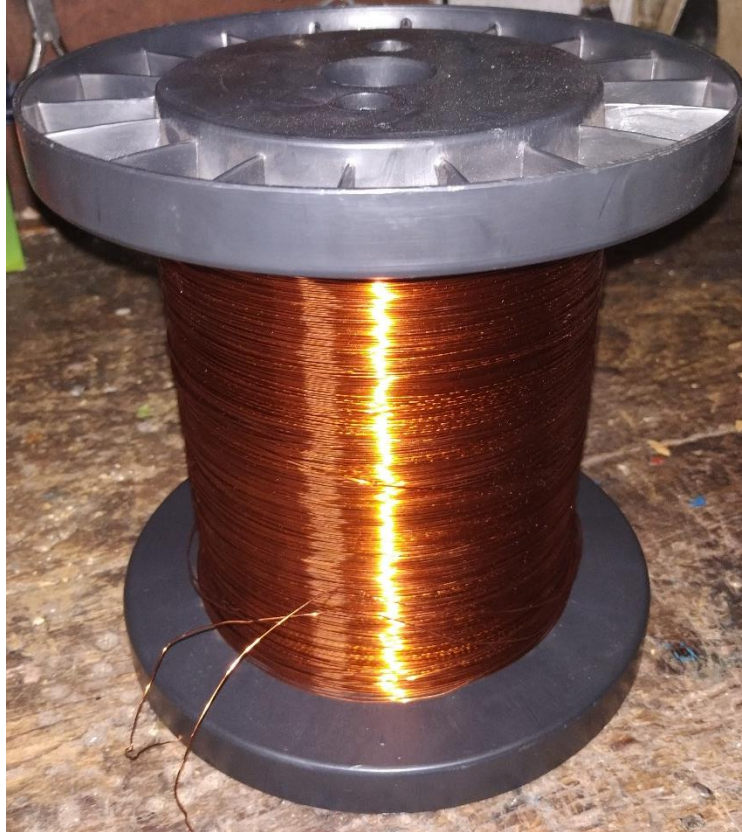


Figura 19: Bobina de coure

Per poder fer les lectures amb el oscil·loscopi, s'ha fabricat una bobina de coure "Figura 19" la qual ha sigut calculada per tal de poder ajustar-la a la lectura del oscil·loscopi.

Es poden trobar els càlculs a l'Annex A: CÀLCULS

D'aquest s'extreu que la mesura del camp electromagnètic en [T] (que és la mesura necessària per fer les lectures) és el resultat de dividir el voltatge mesurat al oscil·loscopi en [V] entre 62,973 [m<sup>2</sup>] i el resultat d'aquest multiplicar-ho per  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ .

$$B_{eficax}[T] = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{e [V]}{62,973 [m^2]}$$

#### 4. ELEVADORS ELÈCTRICS

##### 4.1. ELEVADOR ELÈCTRIC AMB REDUCTOR SENSE VARIADOR DE FREQÜÈNCIA

###### 4.1.1 Resultats de les mesures acústiques

Emissions sonores [dBA]			
	Mesura 1	Mesura 2	Mesura 3
Quadre de maniobra	50.2	49.8	50.1
Motor arrancada	65.2	67.3	63.7
Motor règim continu	77.7	80	79.8
Motor canvi de velocitat	N/A	N/A	N/A
Motor règim velocitat reduïda	N/A	N/A	N/A
Variador de freqüència	N/A	N/A	N/A
Frenada	82	84.1	83.7
Exterior sala de màquines	55.6	56.7	56.9

Taula 1: Mesures acústiques en elevador elèctric amb reductor sense variador de freqüència.

#### 4.1.2 Resultats de les mesures radioelèctriques

Emissions radioelèctriques [ $\mu$ T]			
	Mesura 1	Mesura 2	Mesura 3
Quadre de maniobra	673,72	673,72	617,58
Motor arrancada	72,98	78,60	78,60
Motor règim continu	224,57	280,71	224,57
Motor canvi de velocitat	N/A	N/A	N/A
Motor règim velocitat reduïda	N/A	N/A	N/A
Variador de freqüència	N/A	N/A	N/A
Frens	56,14	56,14	56,14
Exterior sala de màquines	16,84	16,84	22,45

Taula 2: Mesures radioelèctriques en elevador elèctric amb reductor sense variador de freqüència.

## 4.2. ELEVADOR ELÈCTRIC AMB REDUCTOR I VARIADOR DE FREQÜÈNCIA

### 4.2.1 Resultats de les mesures acústiques

Emissions sonores (dBA)			
	Mesura 1	Mesura 2	Mesura 3
Quadre de maniobra	81.5	82.1	81.7
Motor arrancada	70.6	70.9	70.7
Motor règim continu	72.8	72.6	73.1
Motor canvi de velocitat	N/A	N/A	N/A
Motor règim velocitat reduïda	62.1	62.4	62.2
Variador de freqüència	73.4	73.2	73.3
Frens	78.1	77.8	78.2
Exterior sala de màquines	52.9	53.1	52.8

Taula 3: Mesures acústiques en elevador elèctric amb reductor i variador de freqüència.



#### 4.2.2 Resultats de les mesures radioelèctriques

Emissions radioelèctriques ( $\mu$ T)			
	Mesura 1	Mesura 2	Mesura 3
Quadre de maniobra	561,43	505,29	505,29
Motor arrancada	280,71	336,86	280,71
Motor règim continu	673,72	617,58	673,72
Motor canvi de velocitat	N/A	N/A	N/A
Motor règim velocitat reduïda	224,57	224,57	224,57
Variador de freqüència	449,14	505,29	449,14
Frens	56,14	50,52	61,75
Exterior sala de màquines	280,71	280,71	280,71

Taula 4: Mesures radioelèctriques en elevador elèctric amb reductor i variador de freqüència.

### 4.3. ELEVADOR ELÈCTRIC SENSE REDUCTOR I AMB VARIADOR DE FREQUÈNCIA

#### 4.3.1 Resultats de les mesures acústiques

Emissions sonores (dBA)			
	Mesura 1	Mesura 2	Mesura 3
Quadre de maniobra	57.7	57.9	57.8
Motor arrancada	55.0	55.1	55.3
Motor règim continu	57.6	57.8	57.7
Motor canvi de velocitat	N/A	N/A	N/A
Motor règim velocitat reduïda	56.7	56.9	56.5
Variador de freqüència	64.9	65.2	64.7
Frens	58.7	58.9	58.9
Exterior sala de màquines	44.4	44.6	44.4

Taula 7: Mesures acústiques en elevador elèctric sense reductor i variador de freqüència.

#### 4.3.2 Resultats de les mesures radioelèctriques.

Emissions radioelèctriques ( $\mu$ T)			
	Mesura 1	Mesura 2	Mesura 3
Quadre de maniobra	224,57	336,86	280,71
Motor arrancada	28,07	33,68	28,07
Motor règim continu	2807,18	2807,18	3368,61
Motor canvi de velocitat	N/A	N/A	N/A
Motor règim velocitat reduïda	1122,87	1684,30	1122,87
Variador de freqüència	1459,73	1684,30	1684,30
Frens	2807,18	3368,61	2807,18
Exterior sala de màquines	28,07	28,07	28,07

Taula 8: Mesures radioelèctriques en elevador elèctric sense reductor i variador de freqüència.

## 5. ELEVADOR HIDRÀULIC

### 5.1 Resultats de les mesures acústiques

Emissions sonores (dBA)			
	Mesura 1	Mesura 2	Mesura 3
Quadre de maniobra	78.8	79.1	78.7
Motor arrancada	76.7	76.9	76.7
Motor règim continu	80.1	80.4	80.2
Motor canvi de velocitat	79.6	79.5	79.8
Motor règim velocitat reduïda	84.3	84.7	84.6
Variador de freqüència	N/A	N/A	N/A
Frens	N/A	N/A	N/A
Exterior sala de màquines	56.5	56.8	56.7

Taula 5: Mesures acústiques en elevador hidràulic.

## 5.2 Resultats de les mesures radioelèctriques

Emissions radioelèctriques ( $\mu\text{T}$ )			
	Mesura 1	Mesura 2	Mesura 3
Quadre de maniobra	224,57	280,71	224,57
Motor arrancada	224,57	336,86	202,11
Motor règim continu	3593,19	3930,05	3930,05
Motor canvi de velocitat	2919,46	2919,46	2919,46
Motor règim velocitat reduïda	3144,04	3144,04	3144,04
Variador de freqüència	N/A	N/A	N/A
Frens	N/A	N/A	N/A
Exterior sala de màquines	44,91	44,91	44,91

Taula 6: Mesures radioelèctriques en elevador hidràulic.

## 6. COMPLIMENT DE LA NORMATIVA VIGENT A APARELLS ELEVADORS

### 6.1 Compliment de la normativa vigent enfront les emissions radioelèctriques

CUADRO 2

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m <sup>2</sup> )
0-1 Hz		$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	
3-150 kHz	87	5	6,25	
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2.000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Notas:

- f según se indica en la columna de gama de frecuencia.

Figura 20: Taula extreta del RD 1066/2001 amb els nivells d'acceptació d'emissions radioelèctriques a habitatges

La gama freqüencial necessària per calcular el camp B (μT) es de 0.025-0.8 kHz, tenint en compte que els elevadors treballen a 50Hz i que la formula de la taula "Figura 20" esta configurada per treballar en kHz, es pot calcular:

$$\frac{5}{0.05 \text{ kHz}} = 100 \mu\text{T}$$

100 μT es el valor límit d'exposició admès als habitatges amb permanència continua.

Per els treballadors que tinguin accés a la sala de maquines la normativa canvia. Es fa servir el RD 299/2016 "Figura 21".

Tabla 6. Niveles de acción para campo magnético (B) de 1Hz a 10MHz

Intervalo frecuencias	NA (B) inferior [μT] (RMS)	NA (B) superior [μT] (RMS)	NA para exposición de las extremidades a campo magnético localizado [μT] (RMS)
1 ≤ f < 8 Hz	2,0 × 10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	9,0 × 10 <sup>5</sup> /f
8 ≤ f < 25 Hz	2,5 × 10 <sup>4</sup> /f	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	9,0 × 10 <sup>5</sup> /f
25 ≤ f < 300 Hz	1,0 × 10 <sup>3</sup>	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	9,0 × 10 <sup>5</sup> /f
300 Hz ≤ f < 3 kHz	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	3,0 × 10 <sup>5</sup> /f	9,0 × 10 <sup>5</sup> /f
3 kHz ≤ f ≤ 10 MHz	1,0 × 10 <sup>2</sup>	1,0 × 10 <sup>2</sup>	3,0 × 10 <sup>2</sup>

Nota 1: «f» es la frecuencia expresada en hercios (Hz).

Figura 21: Taula extreta del RD 299/2016 nivells en els quals es necessari prendre accions per  
limitar el camp magnètic a zones de treball

Segons "Figura 21" la part inferior del cos pot estar sotmesa a 1000 μT.

Segons "Figura 21" la part superior del cos pot estar sotmesa a:

$$\frac{300000}{50 \text{ Hz}} = 6000 \mu\text{T}$$

Segons "Figura 21" les extremitats del cos poden estar sotmeses a:

$$\frac{900000}{50 \text{ Hz}} = 18000 \mu\text{T}$$

## 6.2 Compliment de la normativa vigent de protecció enfront les emissions acústiques

**Taula B.- Objectius de qualitat acústica per al soroll aplicables a l'espai interior habitable d'edificacions destinades a habitatge, usos residencials, hospitalaris, educatius o culturals (1)**

Ús de l'edifici	Tipus de recinte	Índexs de soroll		
		$L_d$	$L_e$	$L_n$
Habitatge o ús residencial	Estances	45	45	35
	Dormitoris	40	40	30
Hospitalari	Zones d'estada	45	45	35
	Dormitoris	40	40	30
Educatiu o cultural	Aules	40	40	40
	Sales de lectura	35	35	35

(1) Els valors de la taula B es refereixen als valors de l'índex d'immissió resultants del conjunt d'emissors acústics que incideixen a l'interior del recinte (instal·lacions del mateix edifici, activitats que es desenvolupen al mateix edifici o en adjacents, soroll ambiental transmès a l'interior).

*Figura 22: Taula extreta del RD 1367/2007 objectiu de qualitat acústica a espais interiors del habitatge, usos residencials, hospitalaris, educatius o culturals*

Les emissions acústiques no podran superar el valor a estances dels habitatges de ús residencial de 45 dBA durant el dia i 35 dBA durant la nit (veure "Figura 22").

Les emissions acústiques no podran superar el valor a dormitoris dels habitatges de ús residencial de 40 dBA durant el dia i 30 dBA durant la nit (veure "Figura 22").

Cal tenir en compte que això només afectaria als elements que separen la sala de màquines de una unitat de ús (dormitoris i estances). I no afectaria als elements que separen la sala de màquines de les escales de l'edifici.



- 1 Los sistemas de tracción de los ascensores y montacargas se anclarán a los sistemas estructurales del edificio mediante elementos amortiguadores de vibraciones. El recinto del ascensor, cuando la maquinaria esté dentro del mismo, se considerará un *recinto de instalaciones* a efectos de aislamiento acústico. Cuando no sea así, los elementos que separan un ascensor de una unidad de uso, deben tener un índice de reducción acústica,  $R_A$  mayor que 50 dBA.
- 2 Las puertas de acceso al ascensor en los distintos pisos tendrán topes elásticos que aseguren la práctica anulación del impacto contra el marco en las operaciones de cierre.
- 3 El cuadro de mandos, que contiene los relés de arranque y parada, estará montado elásticamente asegurando un aislamiento adecuado de los ruidos de impactos y de las vibraciones.

Figura 23: Taula extreta del DB-HR (ascensors i muntacàrregues)

Tenint en compte que els motors/central hidràulica es troben aïllats del propi ascensor (en una sala de màquines pròpia), l'índex de reducció acústica amb un element que separació amb una unitat d'ús, ha de ser de 50 dBA (veure "Figura 23").

$$D_{nT,A} = R'_A + 10 \cdot \lg \left( \frac{0,32 \cdot V}{S_s} \right) \quad [\text{dBA}]$$

siendo

$V$  volumen del *recinto* receptor, [ $\text{m}^3$ ];

$S_s$  área compartida del elemento de separación, [ $\text{m}^2$ ],

$R'_A$  índice global de reducción acústica aparente, ponderado A, [dBA].

Figura 24: Taula extreta del DB-HR (mètode de càlcul del aïllament acústic a soroll aeri)

## 7. POSSIBLES SOLUCIONS PER DONAR COMPLIMENT A LA NORMATIVA VIGENT

### 7.1 Possibles solucions per mitigar les emissions radioelèctriques

Els valors obtinguts a les instal·lacions estan dintre del rang permès per la normativa "Figura 20" amb la excepció del elevador amb reductor i variador de freqüència "Taula 4".

Aquesta instal·lació genera unes emissions fora de la sala de màquines de 280,71  $\mu\text{T}$ .

Això és degut a que el quadre de maniobra "Figura 7" que genera 524  $\mu\text{T}$  de mitja està col·locat tot just al costat de la porta.

L'empresa mantenedora de l'aparell té les capacitats tècniques per poder modificar la ubicació d'aquest quadre de maniobra i eliminar així aquesta deficiència.

Per altre banda les emissions radioelèctriques dins la sala de màquines compleixen la normativa vigent envers als treballadors "Figura 21" però es necessari informar a l'empresa mantenedora de la necessitat de col·locar a la porta d'accés a la sala de màquines el pictograma adient "Figura 25".



Figura 25: Pictograma per camp magnètic

## 7.2 Possibles solucions per mitigar les emissions acústiques

Els valors obtinguts a les instal·lacions estan fora del rang permès per la normativa "Figura 22" amb la excepció del elevador sense reductor i variador de freqüència "Taula 7", que compliria normativa en cas de que la sala de maquines de l'elevador estigues junt a un element de separació d'ús que fos destinat a estança i que no es fes servir de nit.

El CTE DB-HR indica com actuar en aquest casos "Figura 23 i 24".

Serà necessari la instal·lació d'aïllants a totes les parets que estiguin prop d'una unitat d'ús (estances i dormitoris). En especial l'elevador Hidràulic degut a que la sala de maquines es troba a la part inferior de l'edifici.

Existeixen diferents fabricants especialitzats en aïllants acústics com es el cas d'Isover "Figura 28 i 28".

També serà necessària la instal·lació de:

- Tots els sistemes d'elevació han de comptar amb uns topes de goma per anular els impactes contra el marc a totes les portes de tots els pisos (veure "Figura 23").
- Els motors/grups hidràulics han de comptar amb elements amortidors de les vibracions (veure "Figura 23").
- Tots els quadres de maniobra han d'estar fixats elàsticament per amortir els impactes i les vibracions (veure "Figura 23 i 26").

Totes aquestes deficiències poden ser arreglades per la empresa mantenidora de l'elevador.



Figura 26: Motor d'elevador amb amortidors

DB-HR i el RD 1066/2001

**Código Técnico de la Edificación:** El Documento Básico de Protección frente al Ruido DB-HR. Debido a la novedad introducida por el CTE referente a las exigencias de valores de aislamiento acústico "in situ", es decir medidas una vez concluidas la obra, hacen que la calidad de la ejecución en obra será fundamental para el cumplimiento de estos valores de aislamiento.

Aislamiento mínimo a ruido aéreo entre locales		
Recinto emisor	Recinto receptor (de unidad de uso diferente)	
	Protegido $D_{nT,A}$ (dBA)	Habitable $D_{nT,A}$ (dBA)
Protegido, habitable, zona común	$\geq 50$ <b>1</b>	$\geq 45$ <b>4</b>
De instalaciones	$\geq 55$ <b>2</b>	
De actividad (comercial)	$\geq 55$ <b>3</b>	
Medianerías: - En contacto con otro edificio - En contacto con aire exterior	$D_{nT,A} > 50$ $(D_{2m,nT,A}) > 40$	<b>5</b>
Exterior (fachada)	$D_{2m,nT,A} > 30 - 47$ dBA	<b>6</b>
Distribución interior	$R_A > 33$ dBA	<b>7</b>

$D_{nT,A}$ : Aislamiento acústico a ruido aéreo entre dos zonas o recintos interiores (in situ).

$D_{2m,nT,A}$ : Aislamiento acústico a ruido aéreo entre dos zonas o recintos siendo uno de ellos exterior (in situ).

$R_A$ : Índice de reducción acústico de un elemento constructivo.

Máximo nivel de ruido de impacto entre locales	
Recinto emisor	Recinto receptor (de unidad de uso diferente)
	Protegido $L'_{nT,w}$ (dB)
Protegido, habitable, zona común, cubiertas transitables	$\leq 65$ <b>8</b>
De instalaciones o actividad	$\leq 60$ <b>9</b>
Exterior (Cubierta transitable)	$\leq 65$ <b>10</b>

$L'_{nT,w}$ : Aislamiento acústico a ruido de impacto (in situ).

Figura 27: Taula extreta d'un fabricant especialitzat en aïllants acústics (Isover)

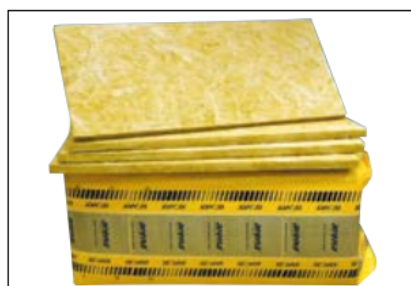
## Arena 40

### Descripción

Paneles y mantas semirrígidos de lana mineral arena.

### Aplicaciones

Aislamiento acústico para divisorios entre distintos usuarios instalaciones de sistemas de tabiquería con estructura metálica y placas de yeso laminado.



### Dimensiones

Producto	Espesor (mm)	Largo (m)	Ancho (m)
Arena 40 (panel)	40	1,35	0,40 y 0,60
Arena 40R (manta)	40	10,80	0,40

### Aislamiento térmico

Espesor (mm)	Resistencia térmica ( $m^2 \cdot K/W$ )	Conductividad térmica $\lambda_D$ W/(m·K)
40	$\geq 1,10$	$\leq 0,036$

### Aislamiento acústico a ruido aéreo

Trasdosados	Aislamiento acústico	C. CTE*
71/600x2 <i>2x arena 40</i>	$R_w = 67$ dB $R_A = 61,4$ dBA Ensayo AC3-D12-04-II	<b>3</b>
PYL15+M46+LH70+M46+PYL15 71/600x2 <i>2x arena 40</i>	$R_w = 59$ dB $R_A = 58,9$ dBA	<b>3</b>
PYL15+M46+LH40+M46+PYL15 con bandas perimetrales en ambas hojas		

\* **3** Nivel máximo exigido en cualquier aplicación.

Figura 28: Panells aïllants de llana mineral d'un fabricant especialitzat (Isover)

Per tal de protegir els treballadors a la sala de màquines es necessari demanar a l'empresa mantenedora la instal·lació a la porta de la sala de màquines el pictograma adient "Figura 29".



*Figura 29: Pictograma obligatori de fer servir cascos atenuadors del soroll*

**8. RELACIÓ DE DOCUMENTS**

DOCUMENT 1: MEMÒRIA

ANNEX A: CÀLCULS

ANNEX B: SUPORT FOTOGRÀFIC

DOCUMENT 2: PRESSUPOST

DOCUMENT 3: RESUM

# **ANNEX A: CÀLCULS**

## ANNEX A: CÀLCULS

### A.1 calibratge de la bobina

La bobina mesura 16 cm d'alçada. El diàmetre del conductor de coure és 0,60 mm. El pes de la bobina són 2 kg, descomptant 300 g de la bobina. Diàmetre exterior 13,84 cm. Diàmetre interior 12,6 cm.

$$L = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\emptyset_{ext}}{2}$$

$$\emptyset_{ext} = 13.84 \text{ cm}$$

On:

- $L = 43,5 \text{ cm}$

Es mesura la resistència de la bobina i s'obté el valor de 121,3 ohm. A partir d'aquesta dada es pot saber el número de voltes de la bobina.

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

S'aïlla la longitud de cable de la bobina per aconseguir el número de voltes de cable.

$$L = \frac{R \cdot S}{\rho}$$

$$L = 1.905,38 \text{ m}$$

On:

- $R = 121.3 \Omega$
- $S = \pi \cdot \frac{\emptyset^2}{4} = 0.2827 \text{ mm}^2$
- $\emptyset = 0.6 \text{ mm}$
- $\rho_{20^\circ C} = 0.018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$



Al ser un diàmetre variable amb el gruix que fa el cable, es calcula un diàmetre mitjà amb el que efectuar els càlculs.

$$\phi_{mitjà} = \frac{\phi_{ext} + \phi_{int}}{2} = 0,1322 \text{ m diàmetre mitjà}$$

On:

- $\phi_{ext} = 0.1384 \text{ m}$
- $\phi_{int} = 0.126 \text{ m}$

Aleshores, prenent el diàmetre mitjà, el número de voltes serà,

$$L = N \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{\phi_{mitjà}}{2}$$

$$N = \frac{L}{\pi \cdot \phi_{mitjà}} = 4587.75 \text{ voltes}$$

On:

- $L = 1905.38 \text{ m}$
- $\phi_{mitjà} = 0.1322 \text{ m}$

Amb les dades obtingudes podem trobar el valor del flux dins de la bobina.

$$\phi = B \cdot S$$

On la superfície total de les espiras és la següent:

$$S_{total} = N \cdot S_{1 \text{ espira}} = 62.973 \text{ m}^2$$

On:

- $N = 4587.75 \text{ voltes}$
- $S_{1 \text{ espira}} = \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = 0,01373 \text{ m}^2$
- $\phi = \phi_{mitjà} = 0.1322 \text{ m}$

La fem induïda [V] dins de l'espira és:

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

Si e és un sinus, el flux és un cosinus, ja que la seva derivada es igual a e.

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -N \cdot S \cdot \frac{dB}{dt}$$

$$\frac{dB}{dt} = -\frac{e}{N \cdot S}$$

Si e és un sinus, B serà un cosinus i tindrà d'amplitud la mateixa que e dividida per N i per S, es a dir 62,973 m<sup>2</sup>.

Si B segueix una forma d'ona sinusoidal, la derivada de B respecte al temps té la mateixa amplitud que B.

$$\frac{d(B \sin t)}{dt} = B \cos t$$

Comparant les dues equacions,

$$\frac{d(B \sin t)}{dt} = -\frac{e}{N \cdot S} \cdot \cos t = B \cos t$$

En mòdul,

$$B = \frac{e}{N \cdot S}$$

En valor eficaç,

$$B_{eficaç}[T] = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{e [V]}{62,973 [m^2]}$$

On e és l'amplitud del senyal de tensió mesurat en V, a l'oscil·loscopi.

## A.2 Càlcul de la càrrega del motor amb suspensió 1:1

Es calcula l'aportació del motor en un cas de suspensió 1:1 "Figura XXX" del DOCUMENT 1: MEMÒRIA.

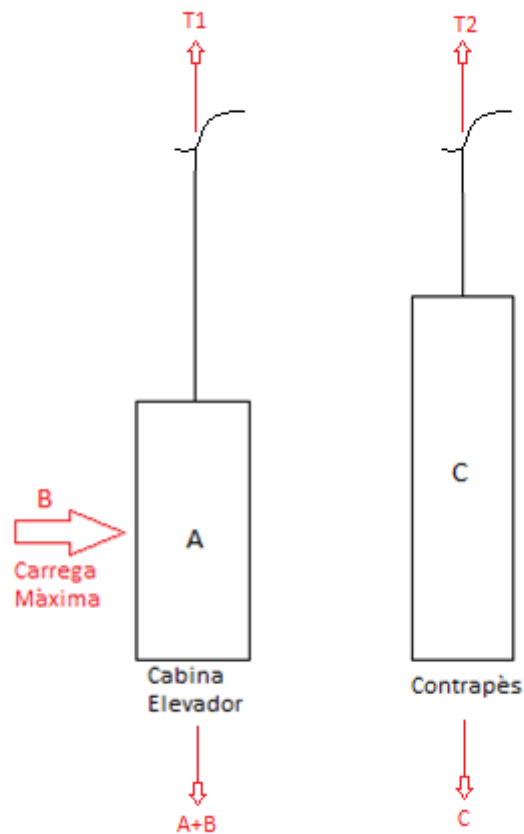


Figura 30: Tensions cables tracció/corretges en una suspensió 1:1 (cas típic)

A la part esquerra de la "Figura 30" existeix el següent equilibri de forces:

$$A + B = T1$$

On:

- A = Pes propi de la cabina de l'elevador [N]
- B = Càrrega màxima de l'elevador [N]
- T1 = Tensió del cable [N]

A la part dreta de la "Figura 30" existeix el següent equilibri de forces:

$$C = T2$$

On el terme C és:

$$C = A + \frac{B}{2}$$

On:

- C = Pes del contrapès [N]
- A = Pes propi de la cabina de l'elevador [N]
- B = Càrrega màxima de l'elevador [N]
- T2 = Tensió del cable [N]

Per tant:

$$T2 = A + \frac{B}{2}$$

El pes que haurà de moure el motor és:

$$T1 - T2 = \frac{B}{2}$$

El motor només haurà de moure la meitat de la càrrega màxima de la cabina.

### A.3 Càlcul de la càrrega del motor amb suspensió 2:1

Es calcula l'aportació del motor en un cas de suspensió 2:1 "Figura XXX" del DOCUMENT 1:  
MEMÒRIA.

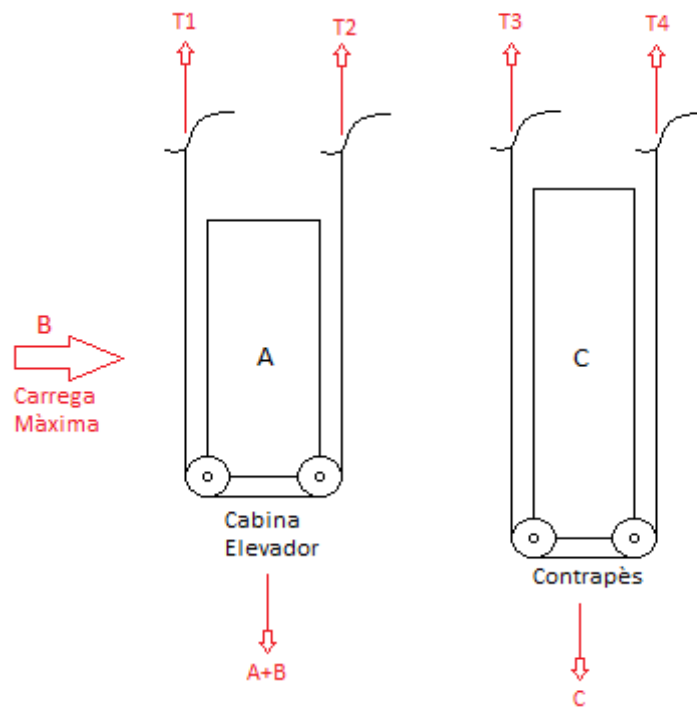


Figura 31: Tensions cables tracció/corretges en una suspensió 2:1

A la part esquerra de la "Figura 31" existeix:

$$A + B = T1 + T2$$

$$T1 = T2$$

On:

- A = Pes propi de la cabina de l'elevador [N]
- B = Càrrega màxima de l'elevador [N]
- T1 = Tensió del cable 1 [N]
- T2 = Tensió del cable 2 [N]

Per tant:

$$T2 = \frac{A + B}{2}$$

A la part dreta de la "Figura 31" existeix el següent equilibri de forces:

$$C = T3 + T4$$

$$T3 = T4$$

$$C = A + \frac{B}{2}$$

On:

- C = Pes del contrapès [N]
- A = Pes propi de la cabina de l'elevador [N]
- B = Càrrega màxima de l'elevador [N]
- T3 = Tensió del cable 3 [N]
- T4 = Tensió del cable 4 [N]

Per tant:

$$T3 = \frac{A + \frac{B}{2}}{2}$$

$$T3 = \frac{2A + B}{4}$$

On:

- A = Pes propi de la cabina de l'elevador [N]
- B = Càrrega màxima de l'elevador [N]
- T3 = Tensió del cable 3 [N]

Ja es pot calcular quant de pes haurà de moure el motor:

$$T2 - T3 = \frac{B}{4}$$

El motor només haurà de moure un quart de la càrrega màxima de la cabina.

#### A.4 Càlcul reducció sonora

$$D_{nT,A} = R'_A + 10 \cdot \log\left(\frac{0.32 \cdot V}{S_s}\right) \quad [dBA]$$

On:

- $V$  = Volum del recinte receptor, [m<sup>3</sup>]
- $S_s$  = Àrea compartida de l'element de separació, [m<sup>2</sup>]
- $R_A$  = Índex global de reducció acústica aparent, ponderat A, un mínim de 50 [dBA]

Es plantegen dos supòsits, un de una habitació de 10 m<sup>2</sup> i 3 metres d'alçada i un altre de un menjador de 20 m<sup>2</sup> i 3 metres d'alçada.

L'aïllant proposat a la "Figura 27" consta d'un  $R_A$  superior.

$$D_{nT,A} = 49.82 \text{ dBA}$$

On:

- $V = 30 \text{ m}^3$
- $S_s = 10 \text{ m}^2$
- $R_A = 50 \text{ dBA}$

$$D_{nT,A} = 52.83 \text{ dBA}$$

On:

- $V = 60 \text{ m}^3$
- $S_s = 10 \text{ m}^2$
- $R_A = 50 \text{ dBA}$

# **ANNEX B: SUPORT FOTOGRÀFIC DE LES MESURES PRESES**

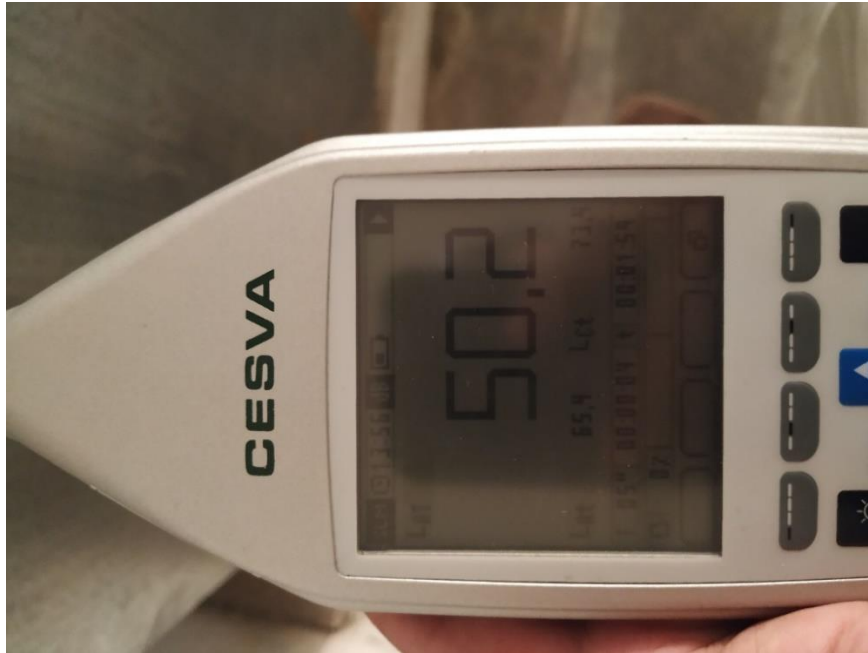


## ANNEX B: SUPORT FOTOGRÀFIC DE LES MESURES PRESES

### B.1 Motor amb reductor sense variador de freqüència

#### B.1.1 Mesures sonòmetre

Quadre de maniobra:



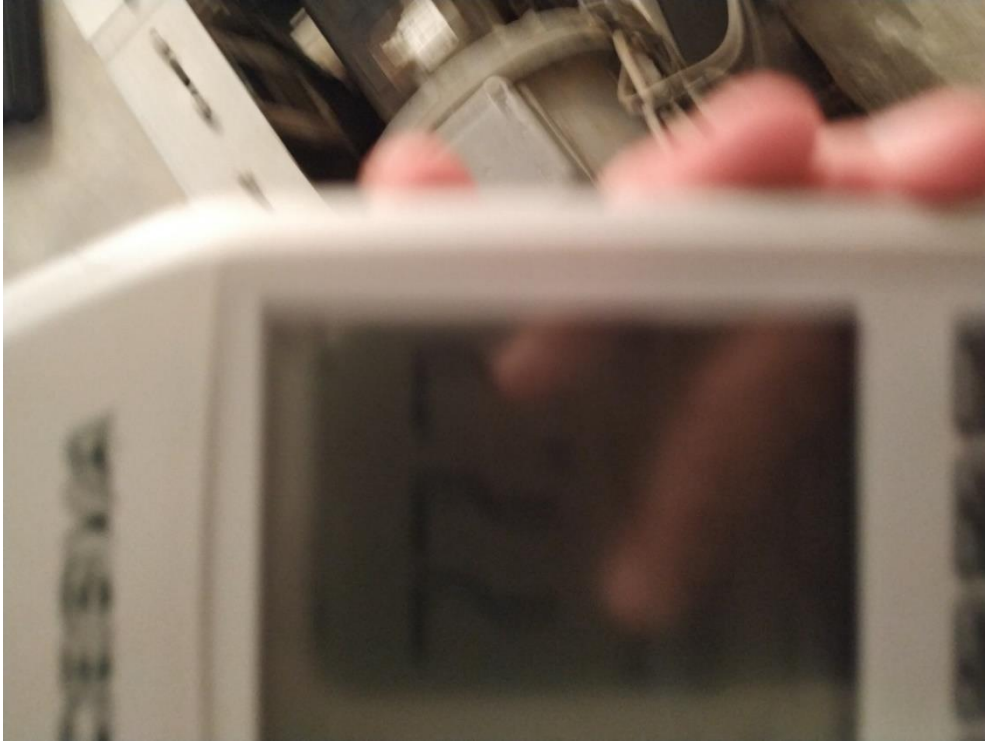
Fotografia 1: Mesura sonòmetre

Motor arrancada:



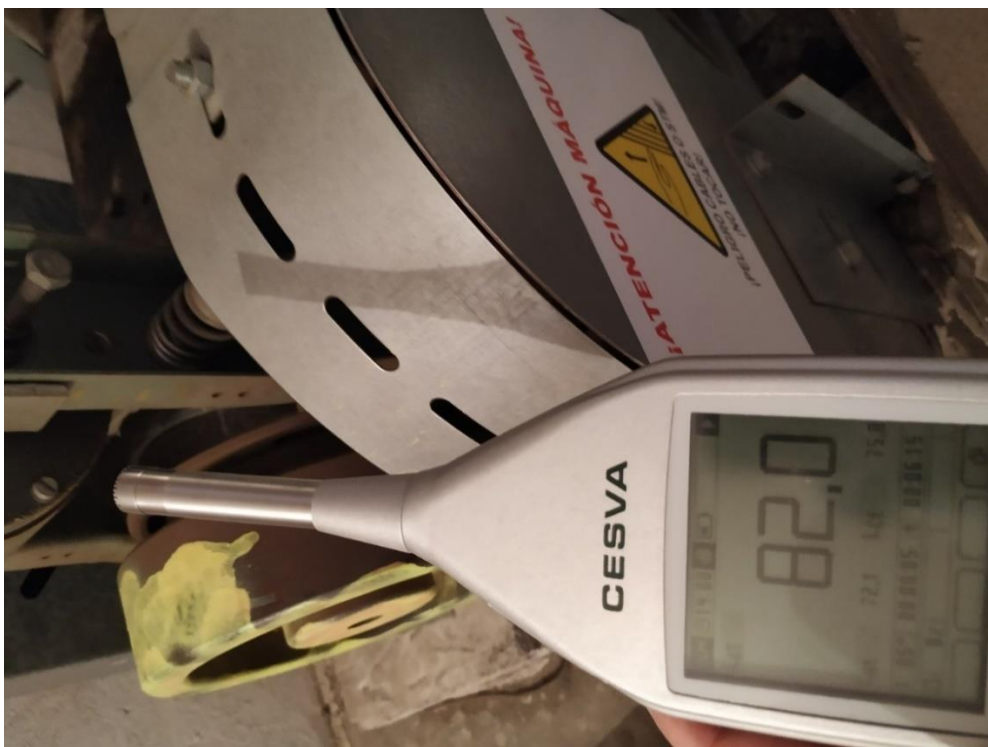
Fotografia 2: Mesura sonòmetre

Motor funcionament règim continu:



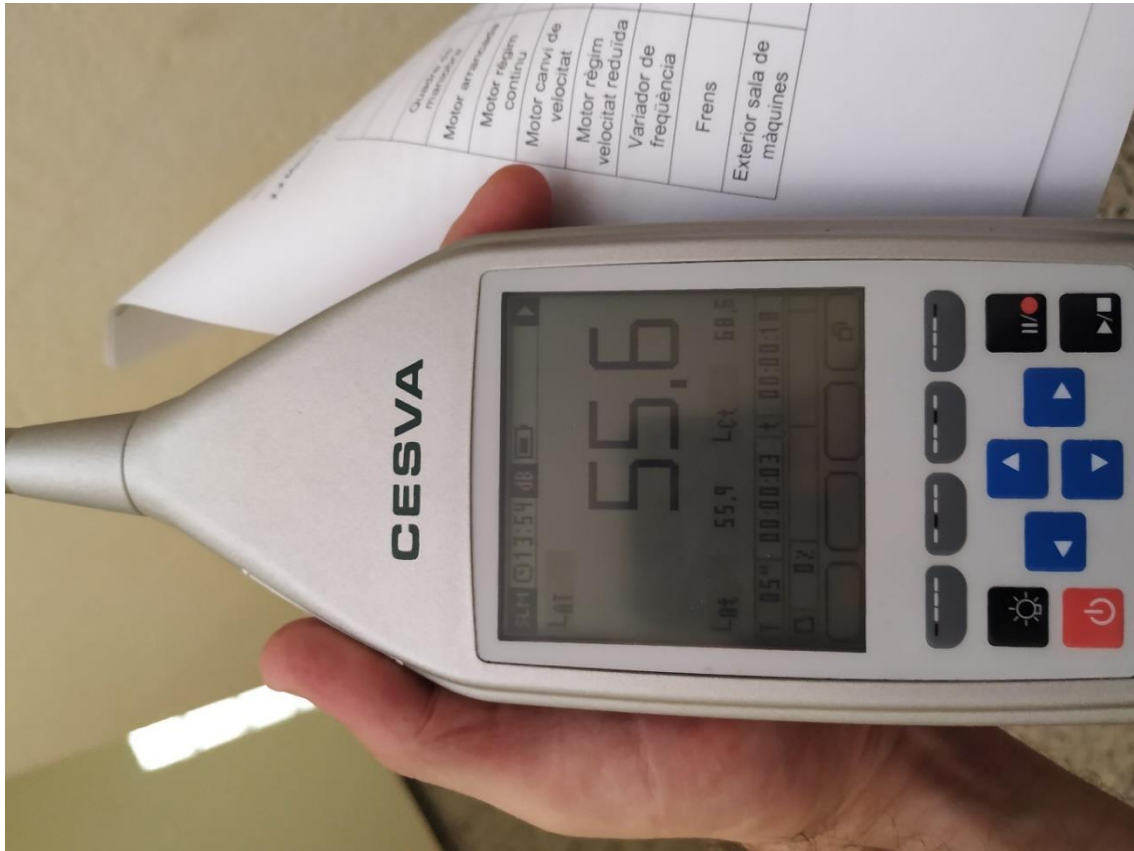
Fotografia 3: Mesura sonòmetre

Frens:



Fotografia 4: Mesura sonòmetre

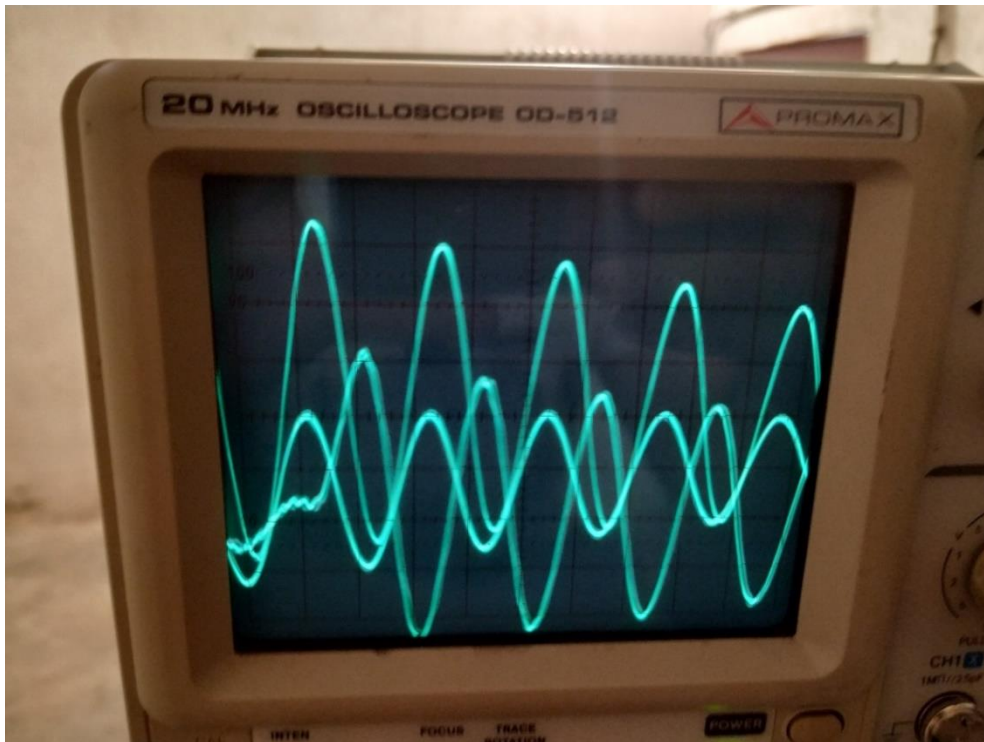
Fora sala maquines:



Fotografia 5: Mesura sonòmetre

### B.1.2 Mesures lector radioelèctriques

Quadre de maniobra:

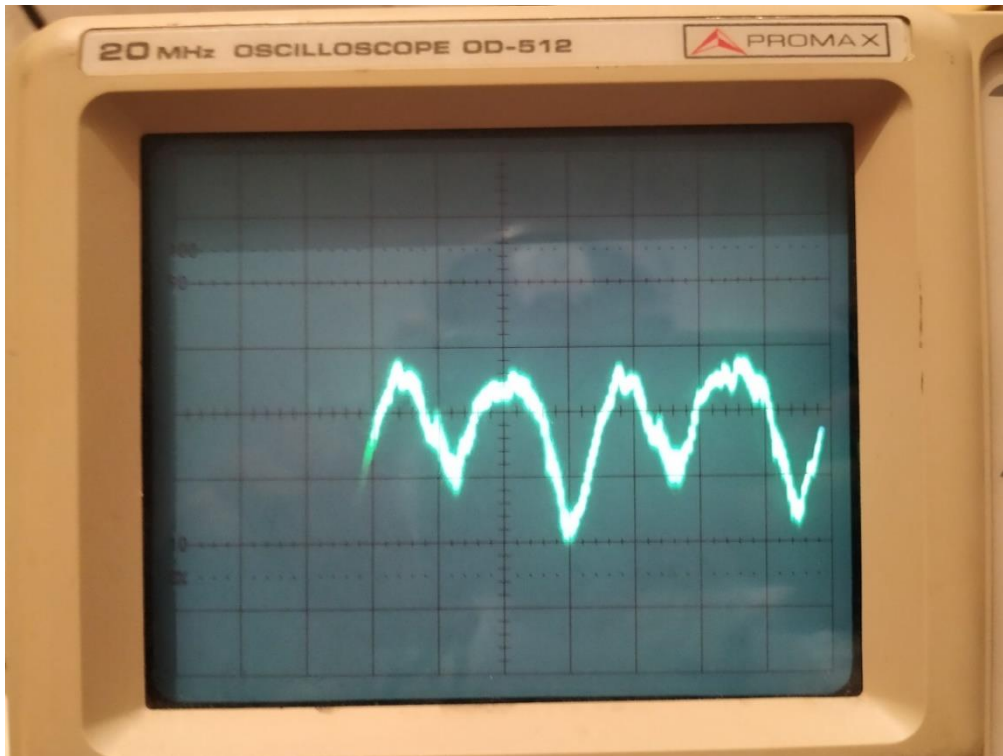


Fotografia 6: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 7: Graduació oscil·loscopi

Motor arrancada:

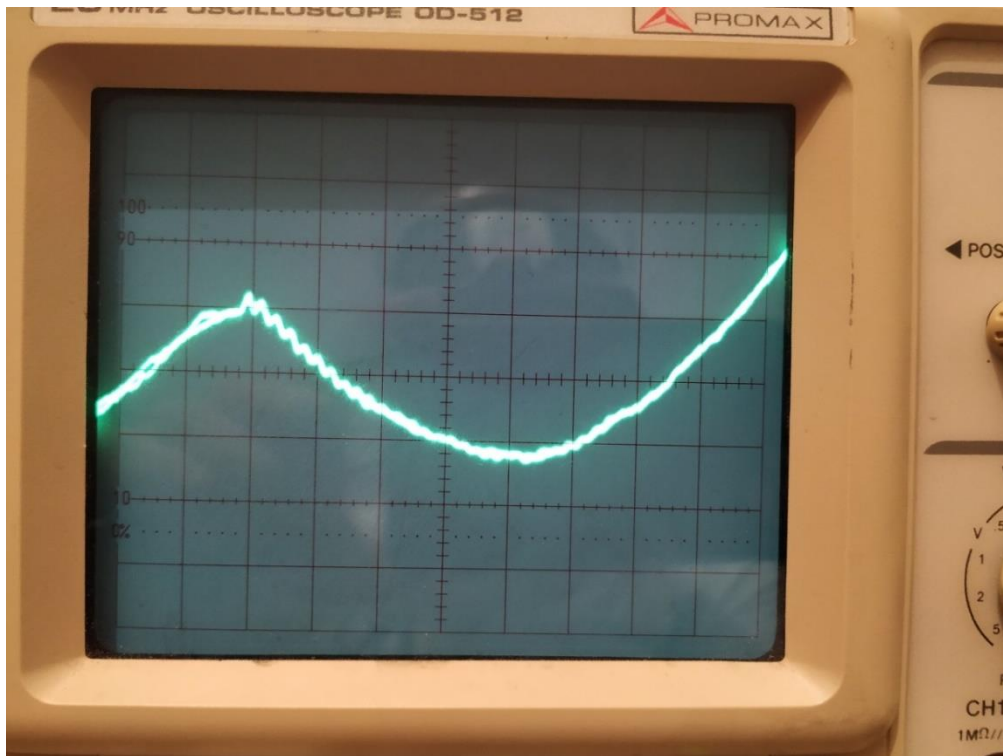


Fotografia 8: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 9: Graduació oscil·loscopi

Motor funcionament règim continu:

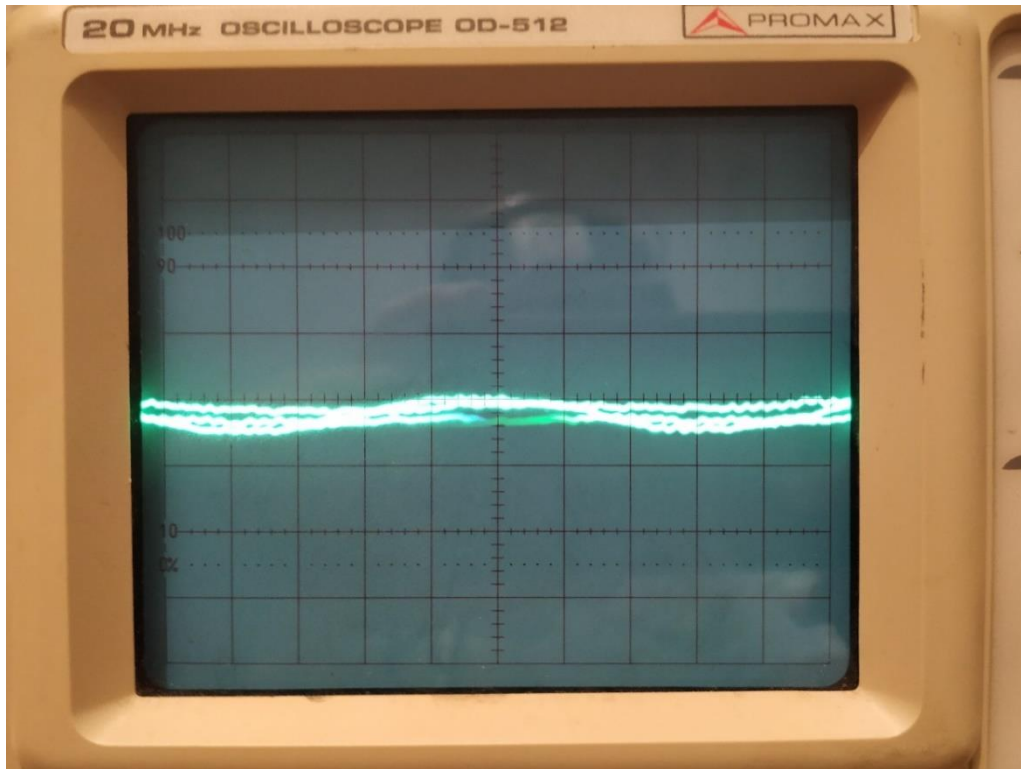


Fotografia 10: Mesura oscil·loscopi

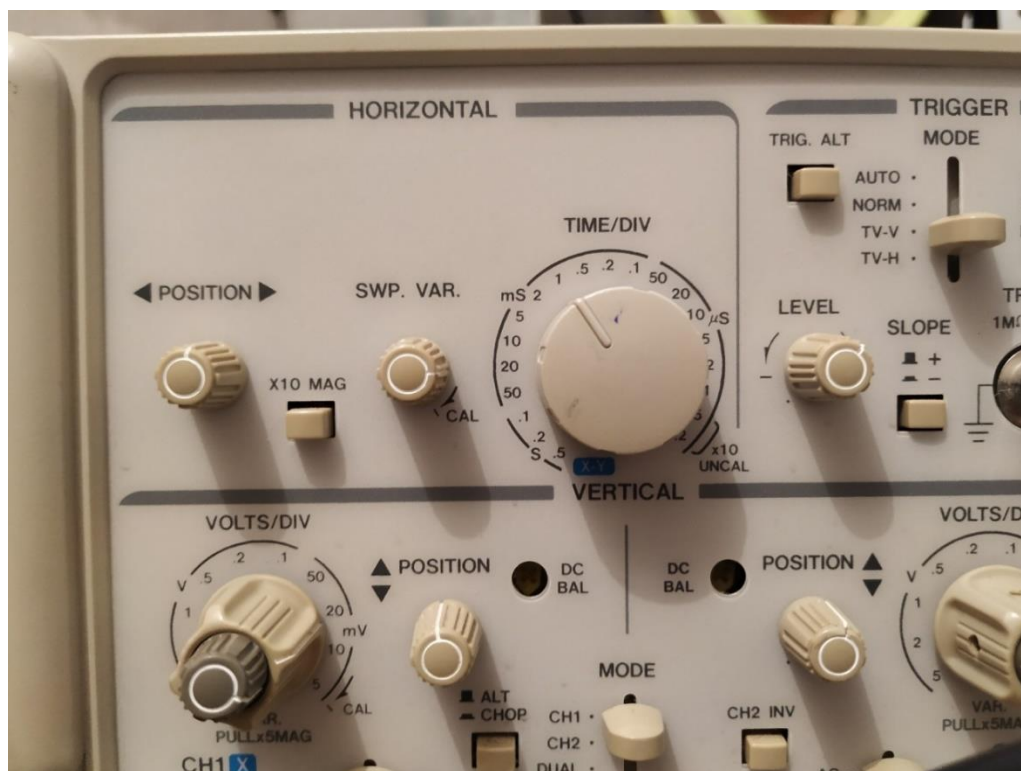


Fotografia 11: Graduació oscil·loscopi

Frens:

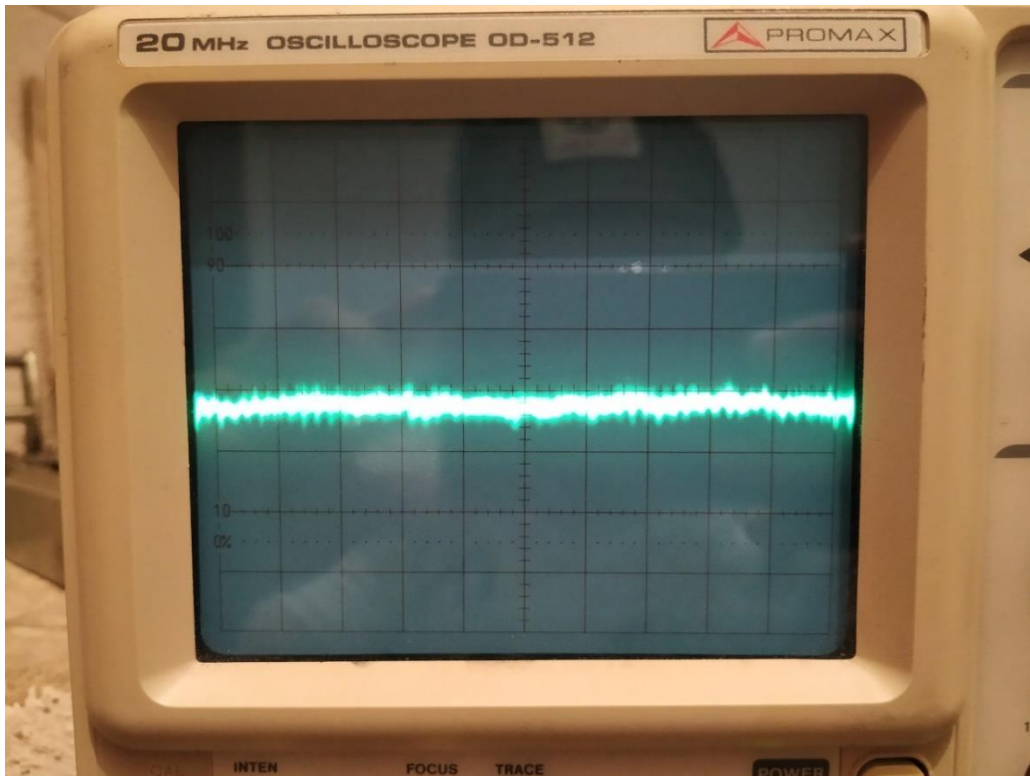


Fotografia 12: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 13: Graduació oscil·loscopi

Fora sala maquines:



Fotografia 14: Mesura oscil·loscopi



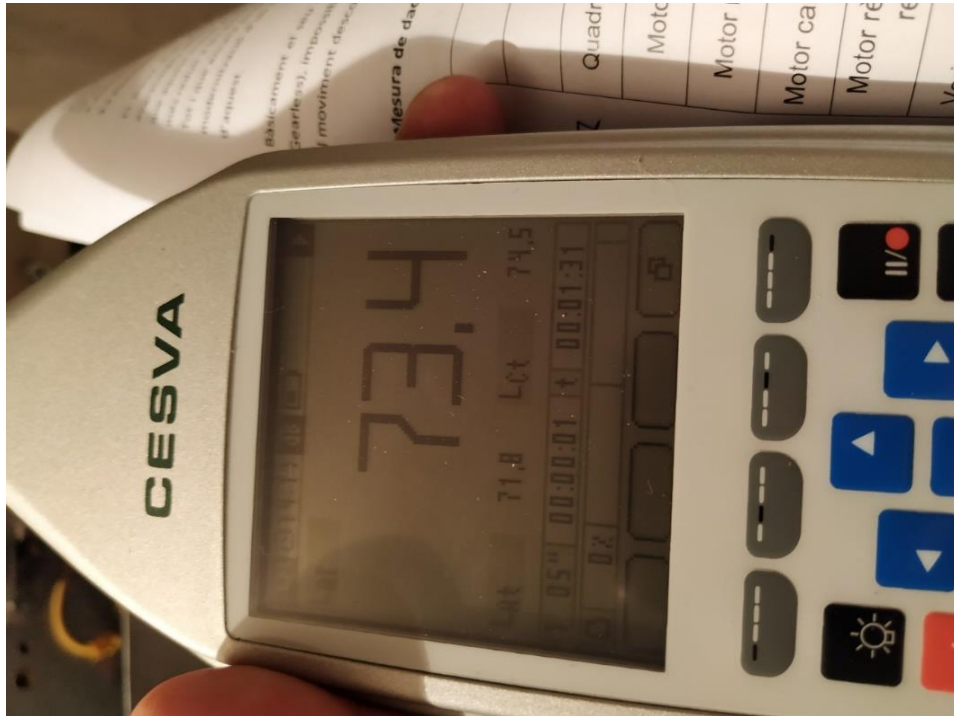
Fotografia 15: Graduació oscil·loscopi



## B.2 Motor amb reductor amb variador de freqüència

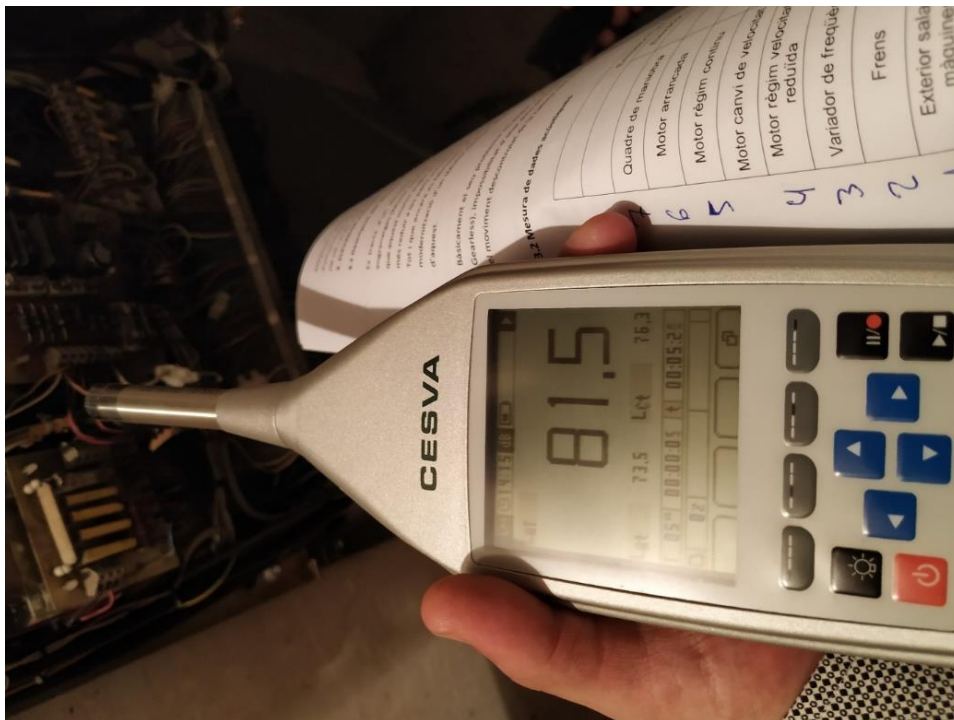
### B.2.1 Mesures sonòmetre

Variador de freqüència:



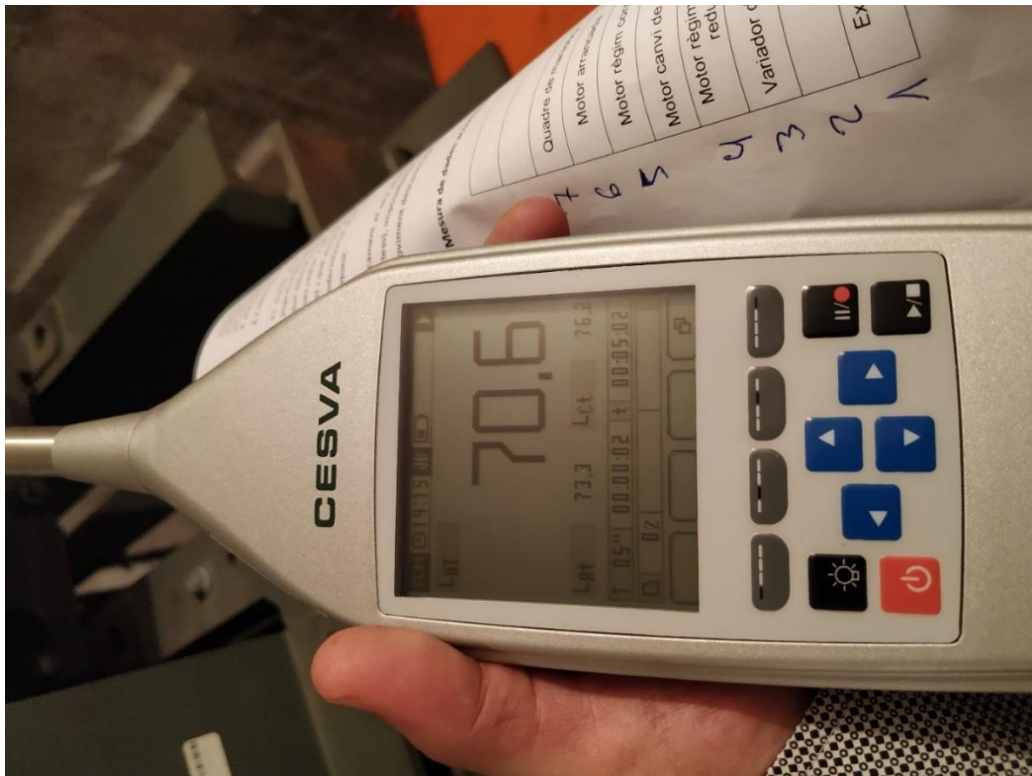
Fotografia 16: Mesura sonòmetre

Quadre de maniobra:



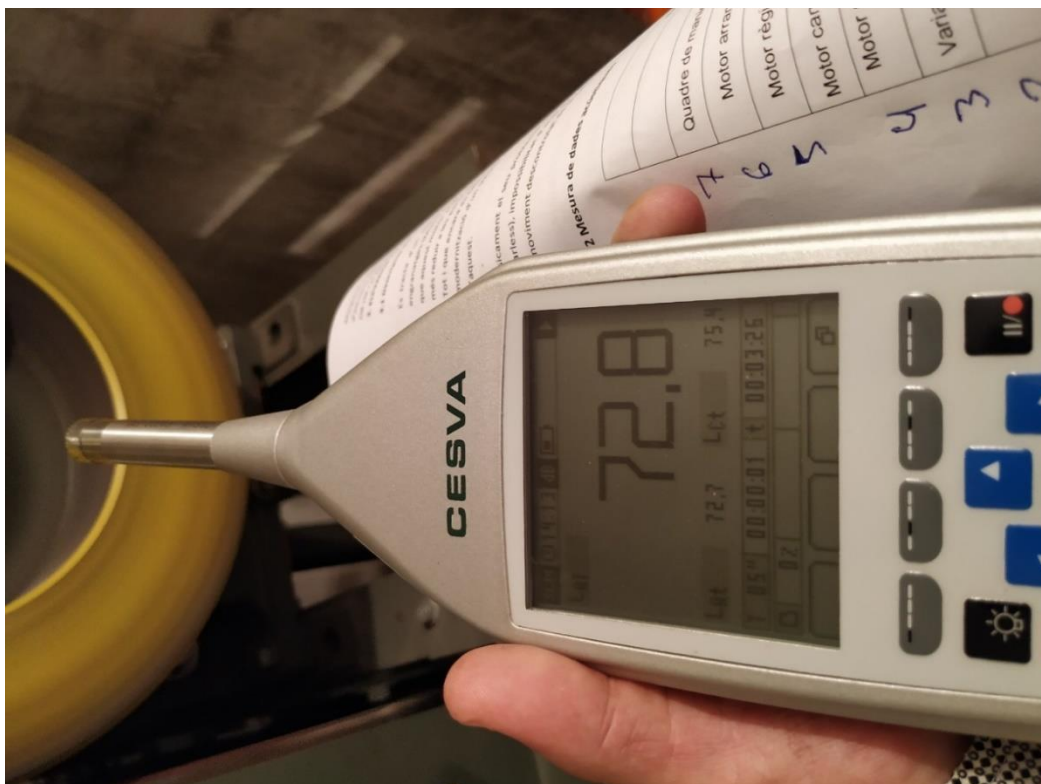
Fotografia 17: Mesura sonòmetre

Motor arrancada:



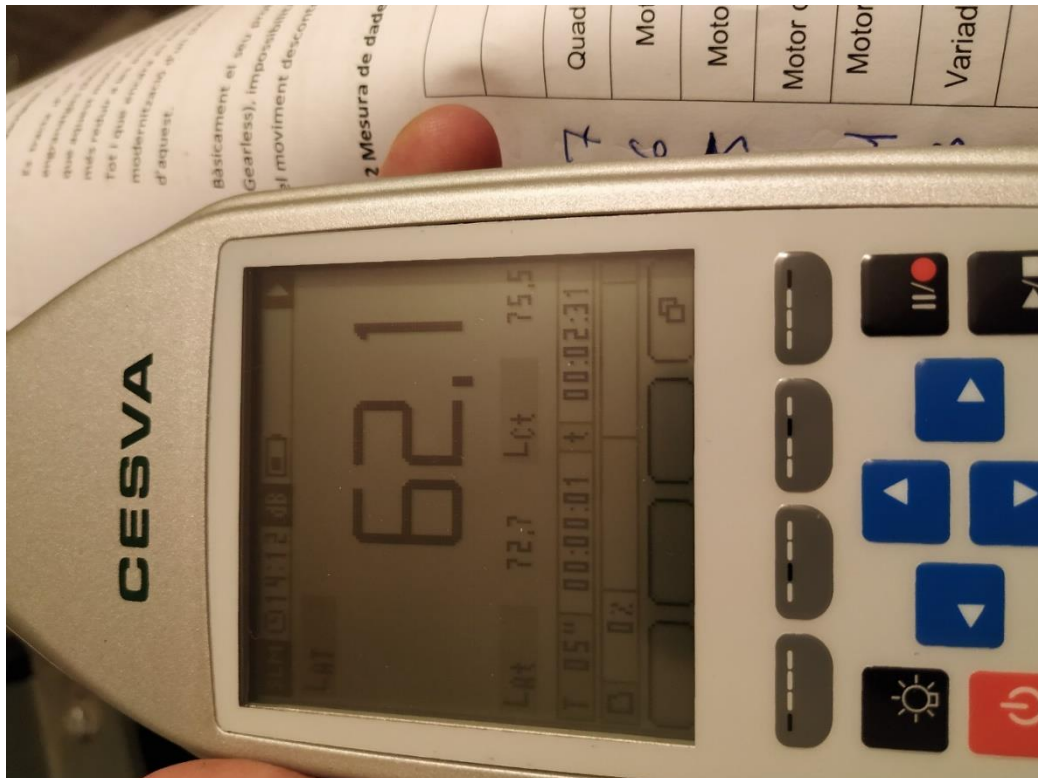
Fotografia 18: Mesura sonòmetre

Motor funcionament règim continu:



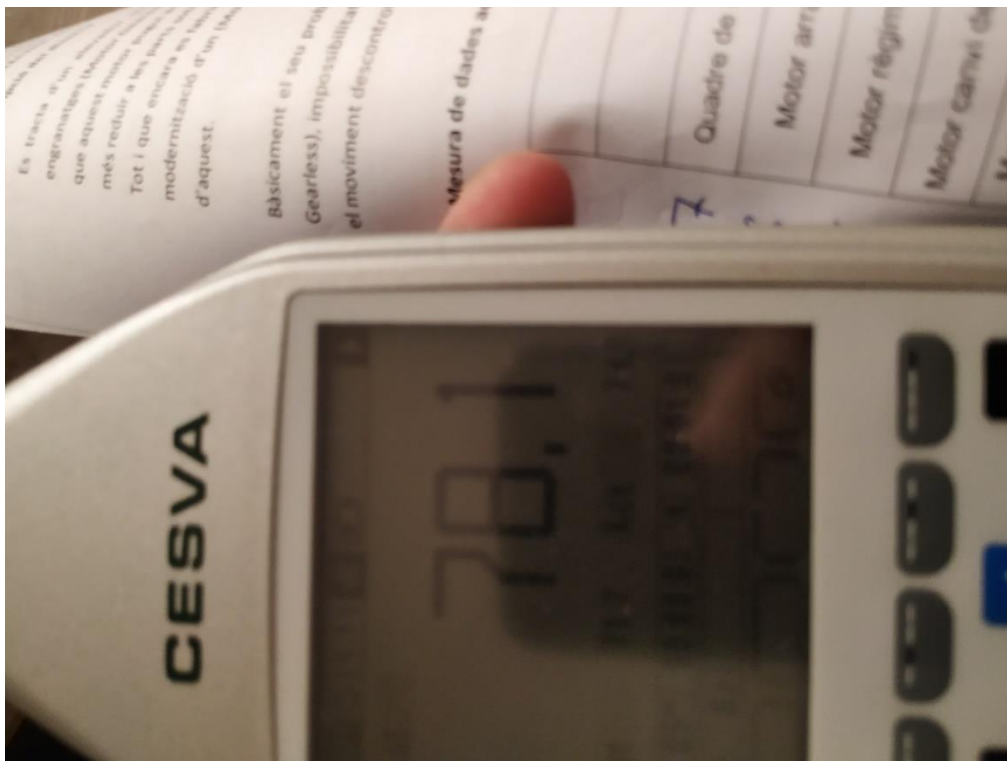
Fotografia 19: Mesura sonòmetre

Motor funcionament règim velocitat reduïda:



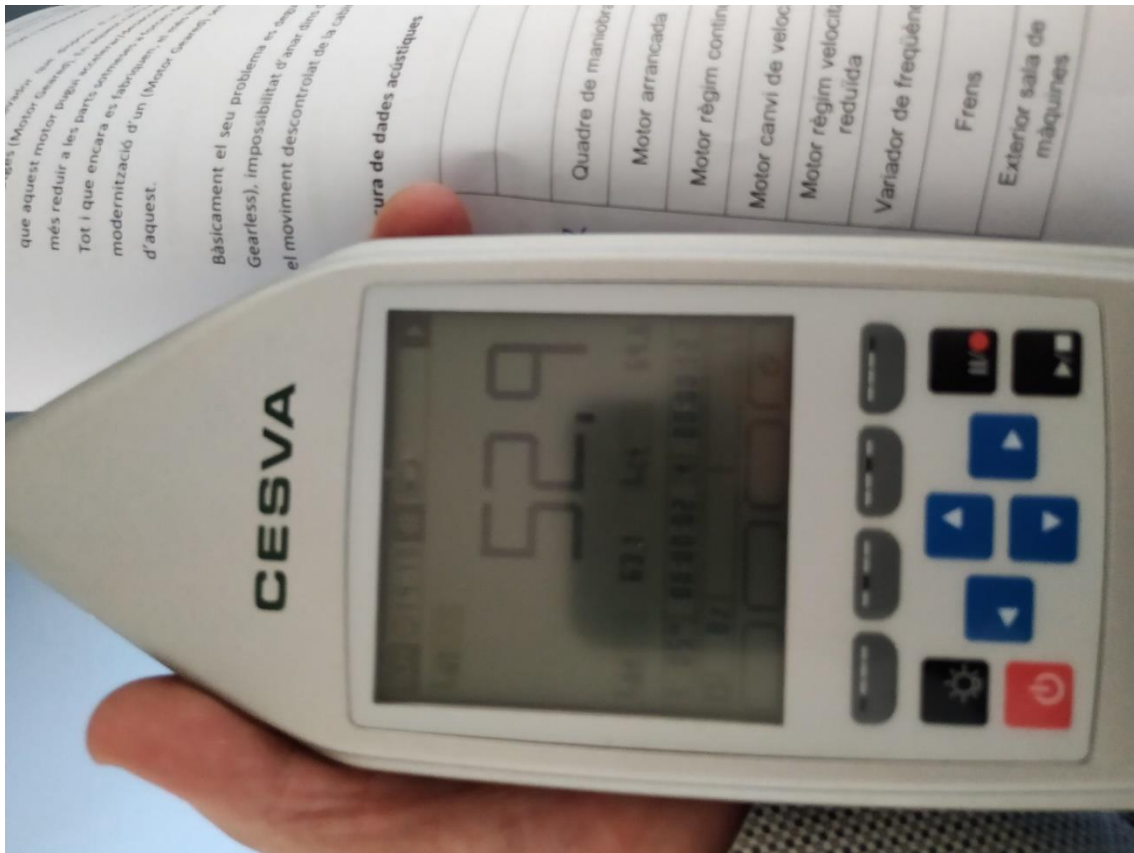
Fotografia 20: Mesura sonòmetre

Frens:



Fotografia 21: Mesura sonòmetre

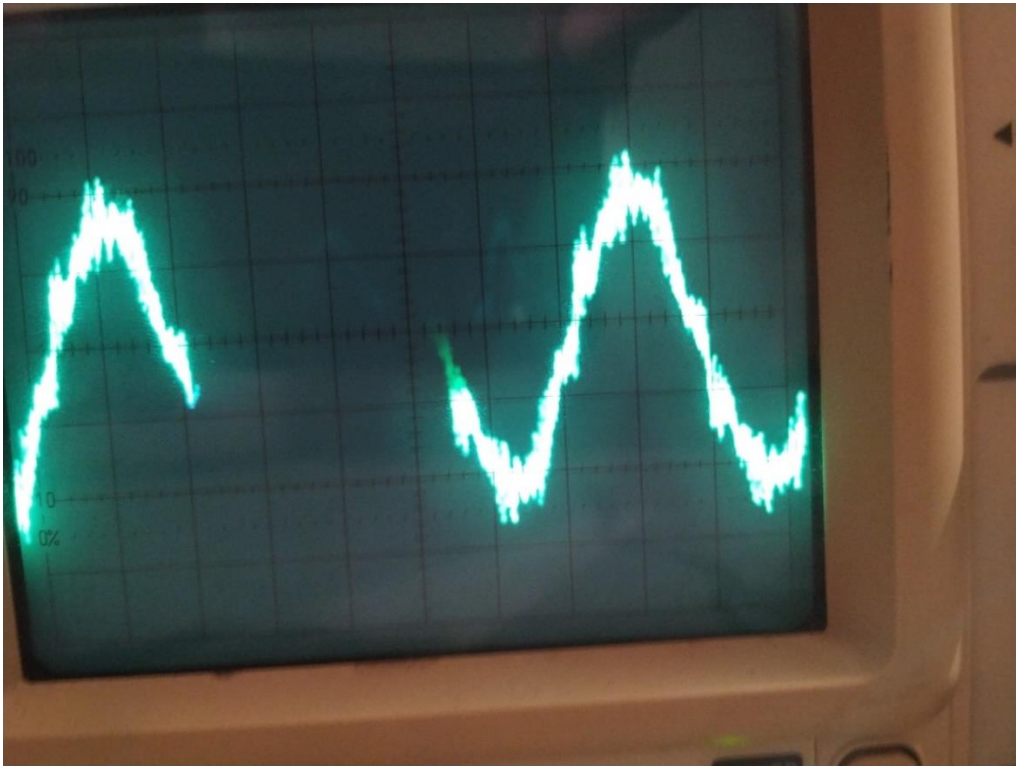
Fora sala màquines:



Fotografia 22: Mesura sonòmetre

### B.2.2 Mesures lector radioelèctriques

Variador de freqüència:

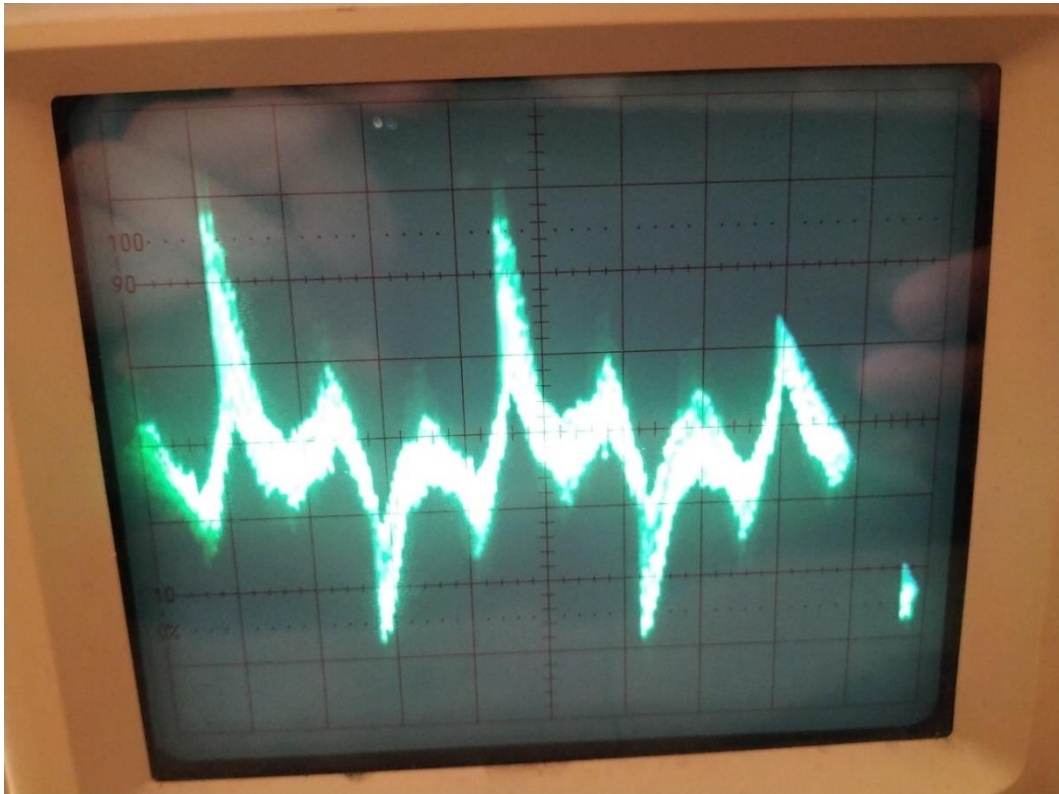


Fotografia 23: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 24: Graduació oscil·loscopi

Quadre de maniobra:

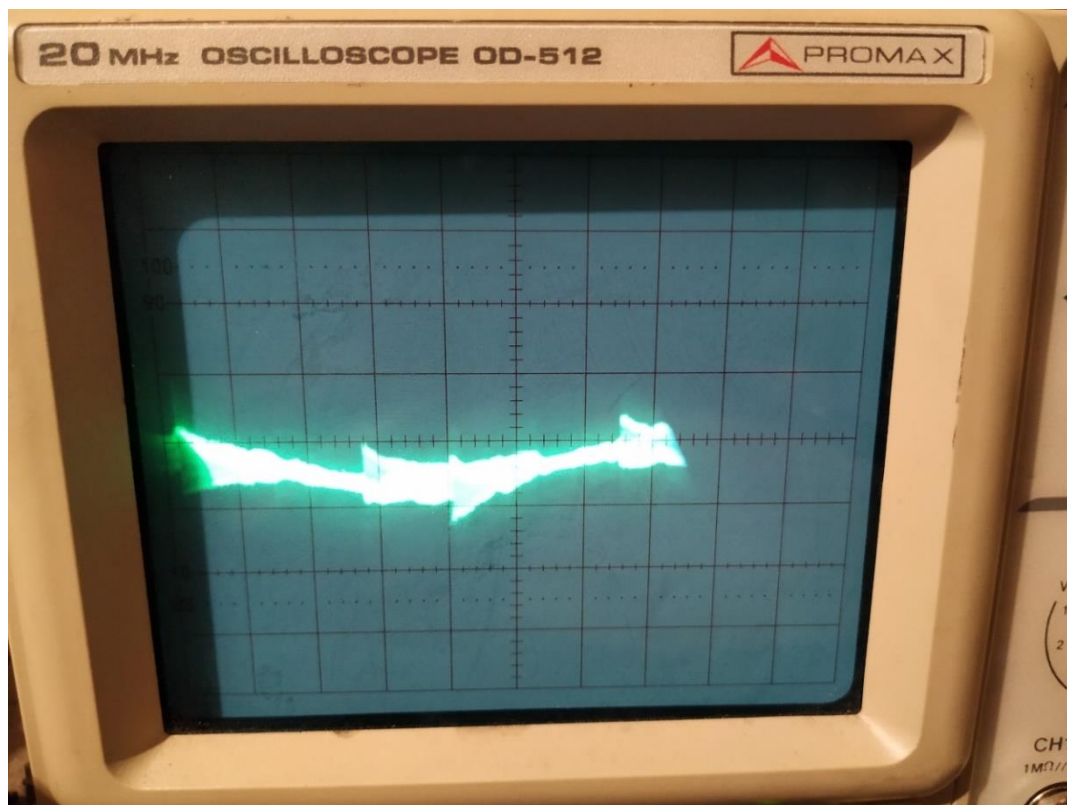


Fotografia 25: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 26: Graduació oscil·loscopi

Motor arrancada:

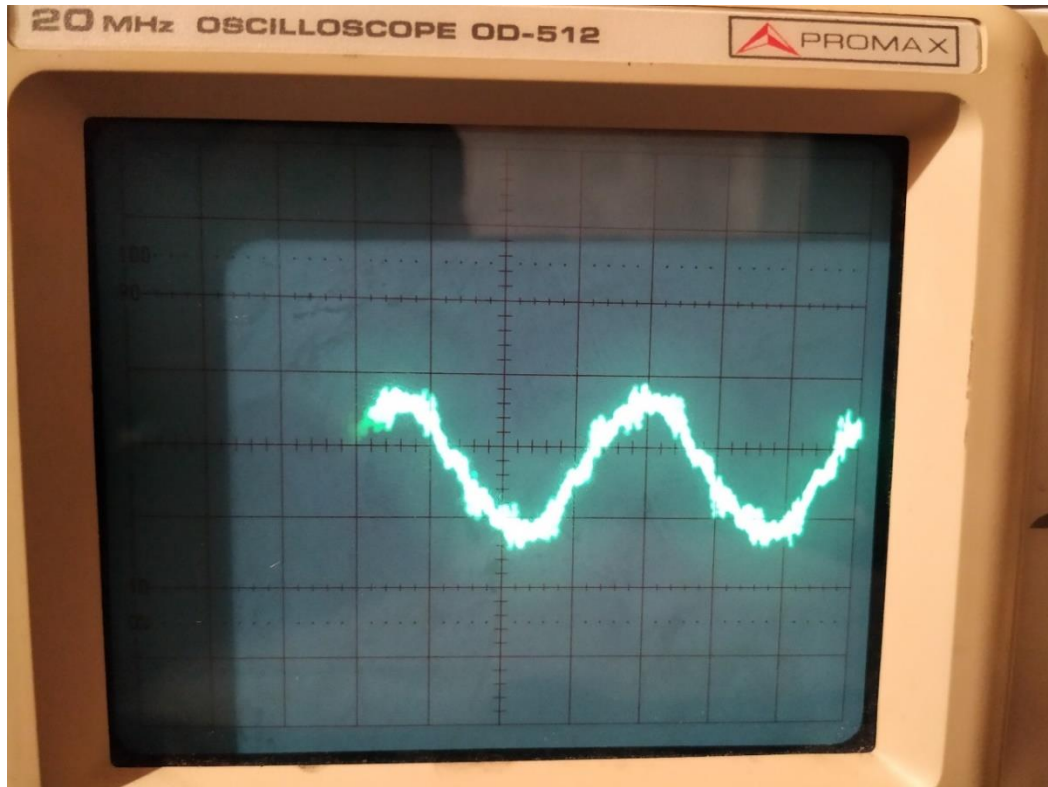


Fotografia 27: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 28: Graduació oscil·loscopi

Motor funcionament règim continu:



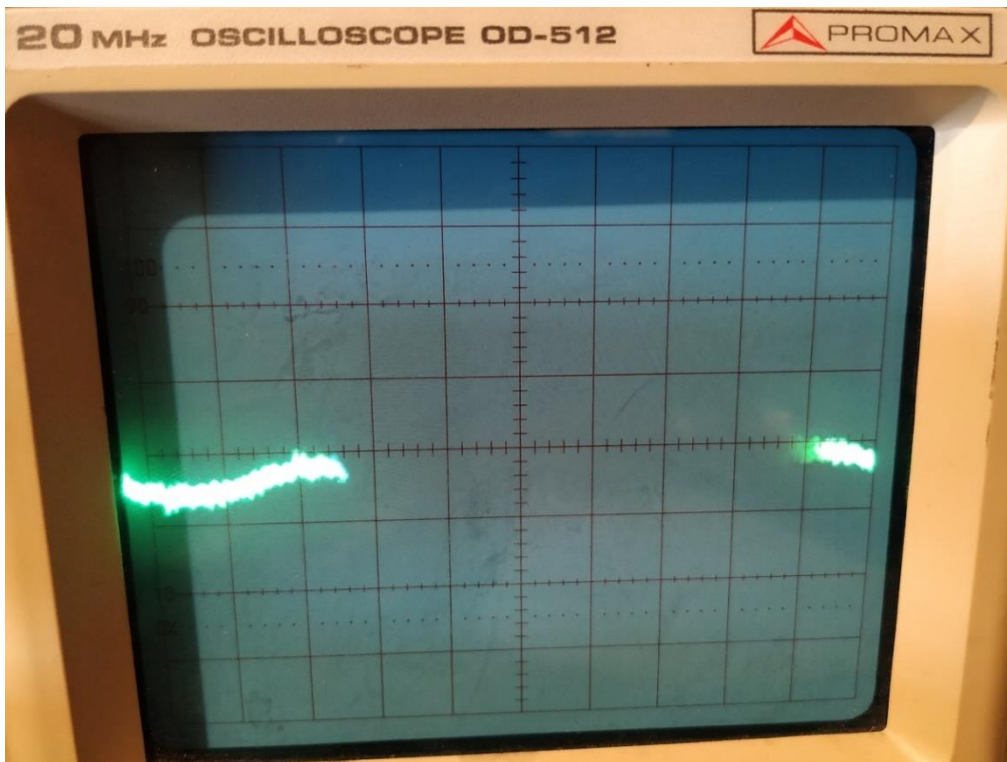
Fotografia 29: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 30: Graduació oscil·loscopi



Motor funcionament règim velocitat reduïda:



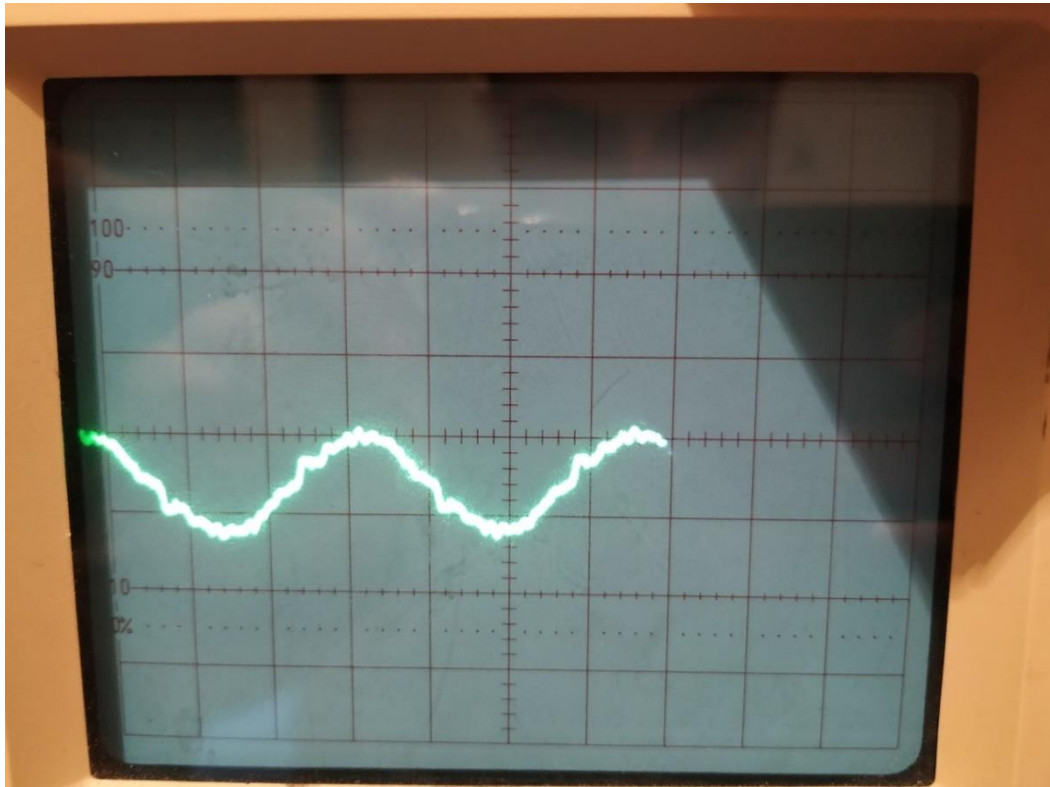
Fotografia 31: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 32: Graduació oscil·loscopi



Fora sala maquines:



Fotografia 35: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 36: Graduació oscil·loscopi

### B.3 Motor sense reductor amb variador de freqüència

#### B.3.1 Mesures sonòmetre

Variador de freqüència:



Fotografia 37: Mesura sonòmetre

Quadre de maniobra:



Fotografia 38: Mesura sonòmetre

Motor arrancada:



Fotografia 39: Mesura sonòmetre

Motor funcionament règim continu:



Fotografia 40: Mesura sonòmetre

Motor canvi de velocitat:



Fotografia 41: Mesura sonòmetre

Motor funcionament règim velocitat reduïda:



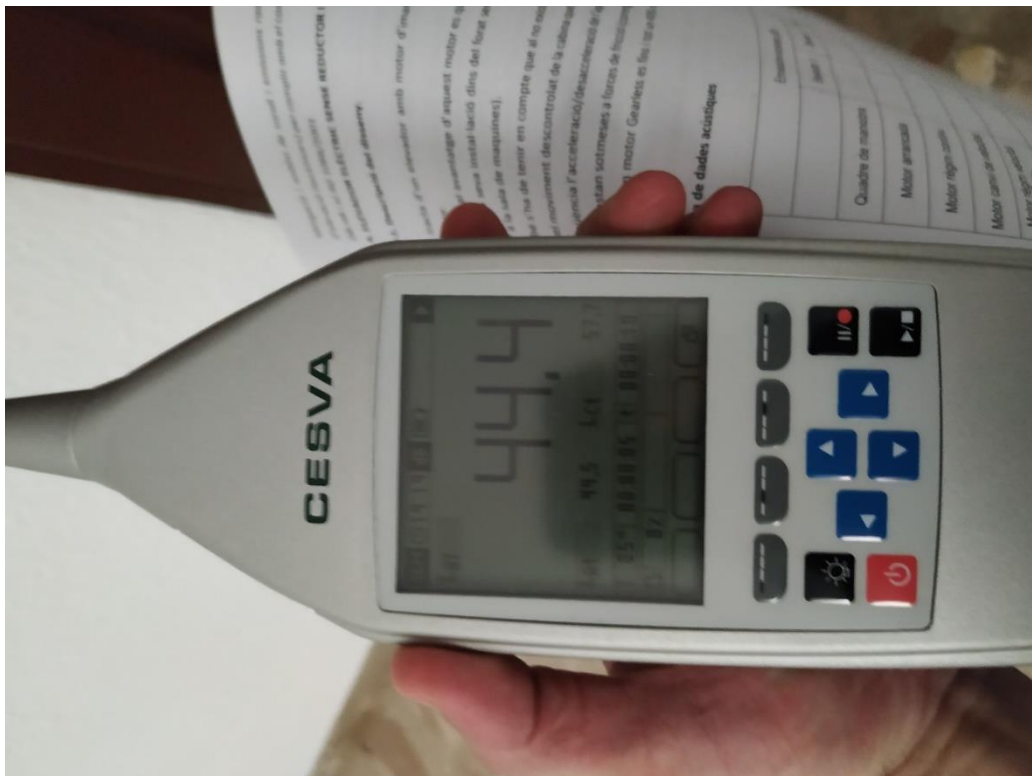
Fotografia 42: Mesura sonòmetre

Frens:



Fotografia 43: Mesura sonòmetre

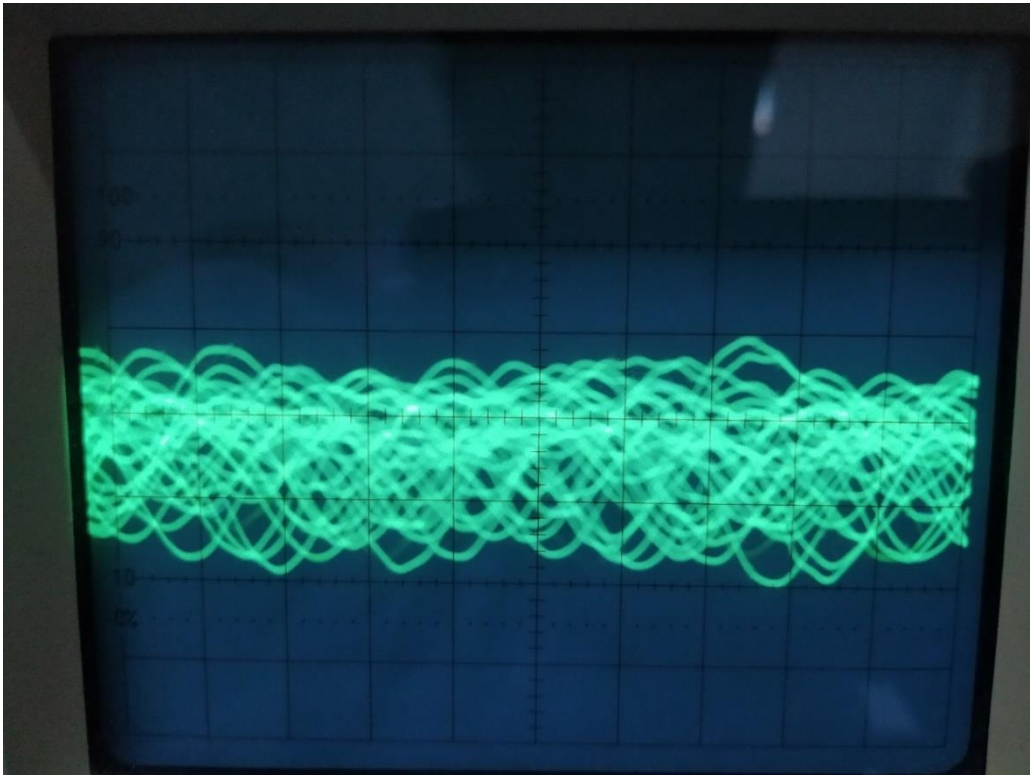
Fora sala maquines:



Fotografia 44: Mesura sonòmetre

### B.3.2 Mesures lector radioelèctriques

Variador de freqüència:



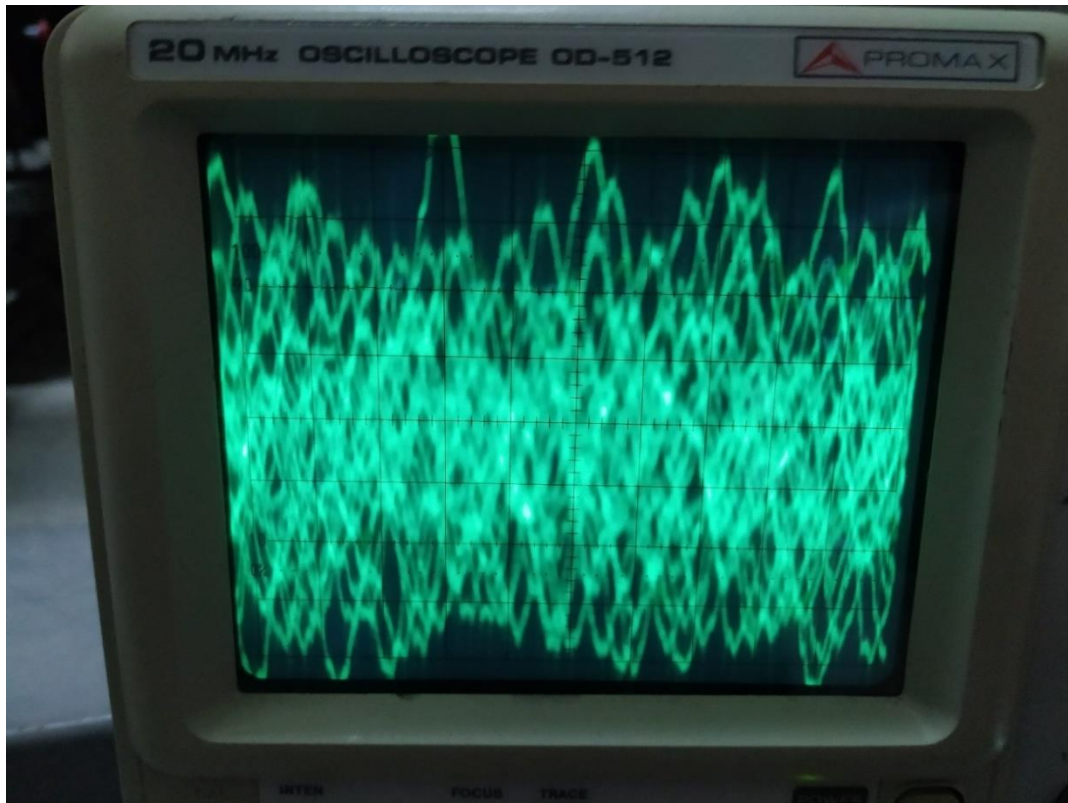
Fotografia 45: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 46: Graduació oscil·loscopi



Quadre de maniobra:

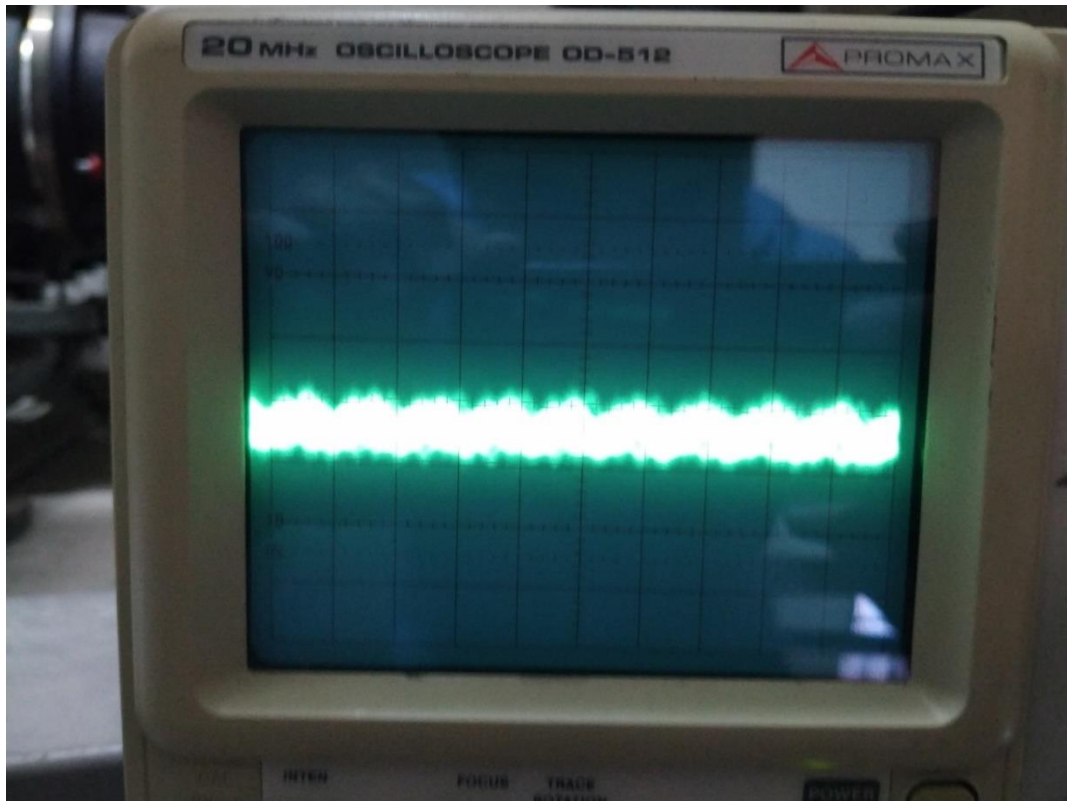


Fotografia 47: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 48: Graduació oscil·loscopi

Motor arrancada:

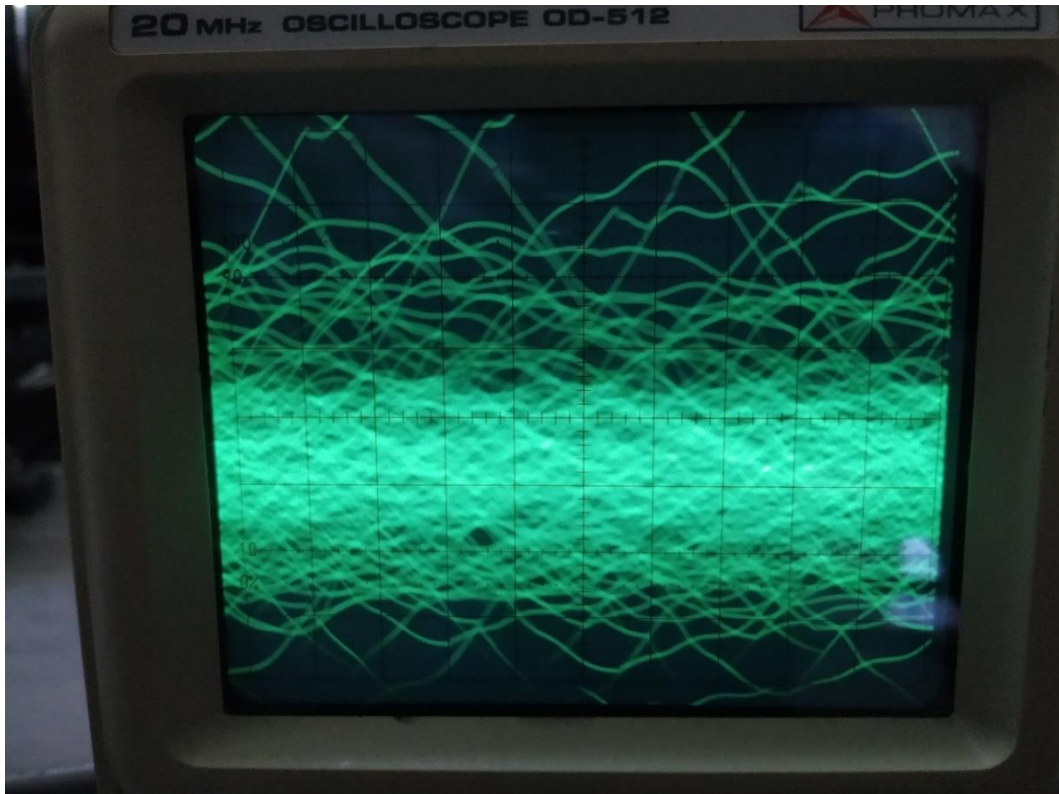


Fotografia 49: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 50: Graduació oscil·loscopi

Motor funcionament règim continu:

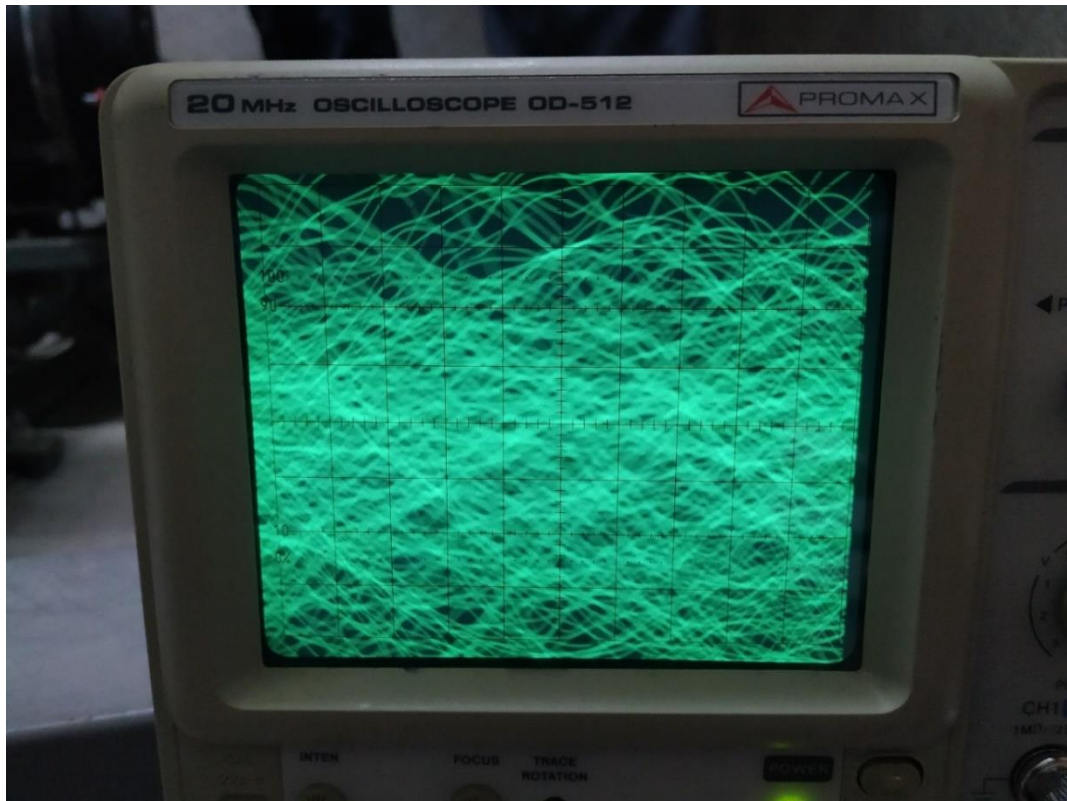


Fotografia 51: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 52: Graduació oscil·loscopi

Motor canvi de velocitat:

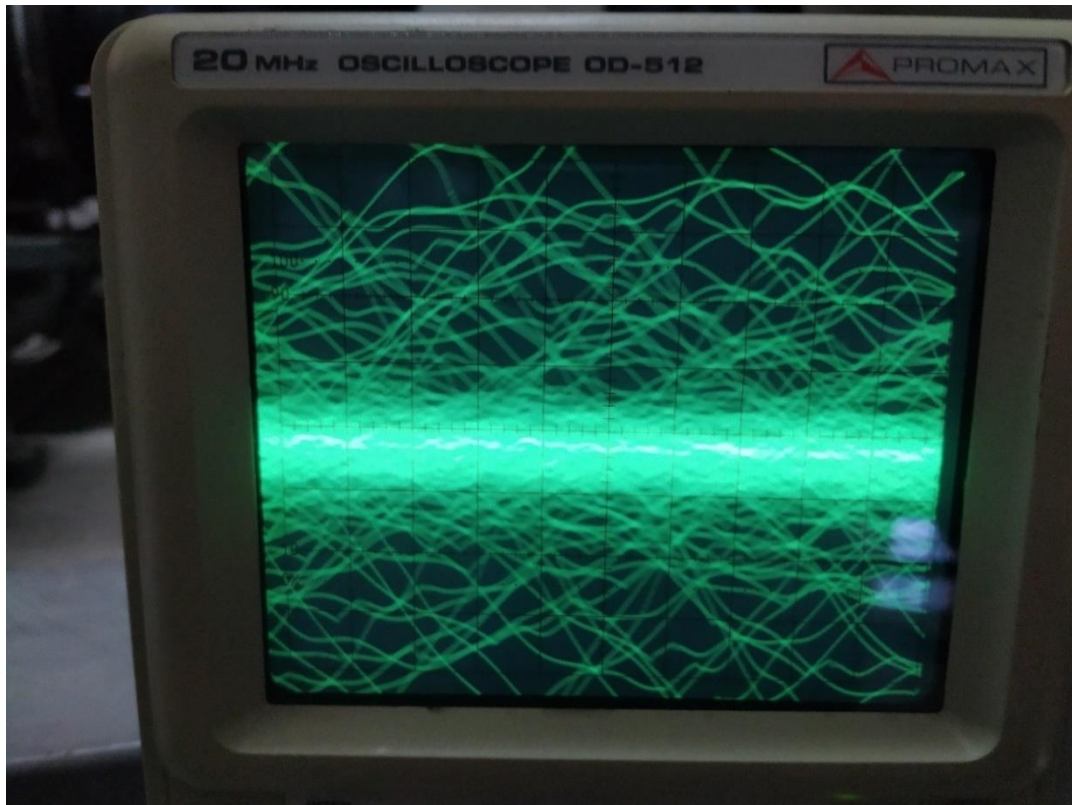


Fotografia 53: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 54: Graduació oscil·loscopi

Motor funcionament règim velocitat reduïda:

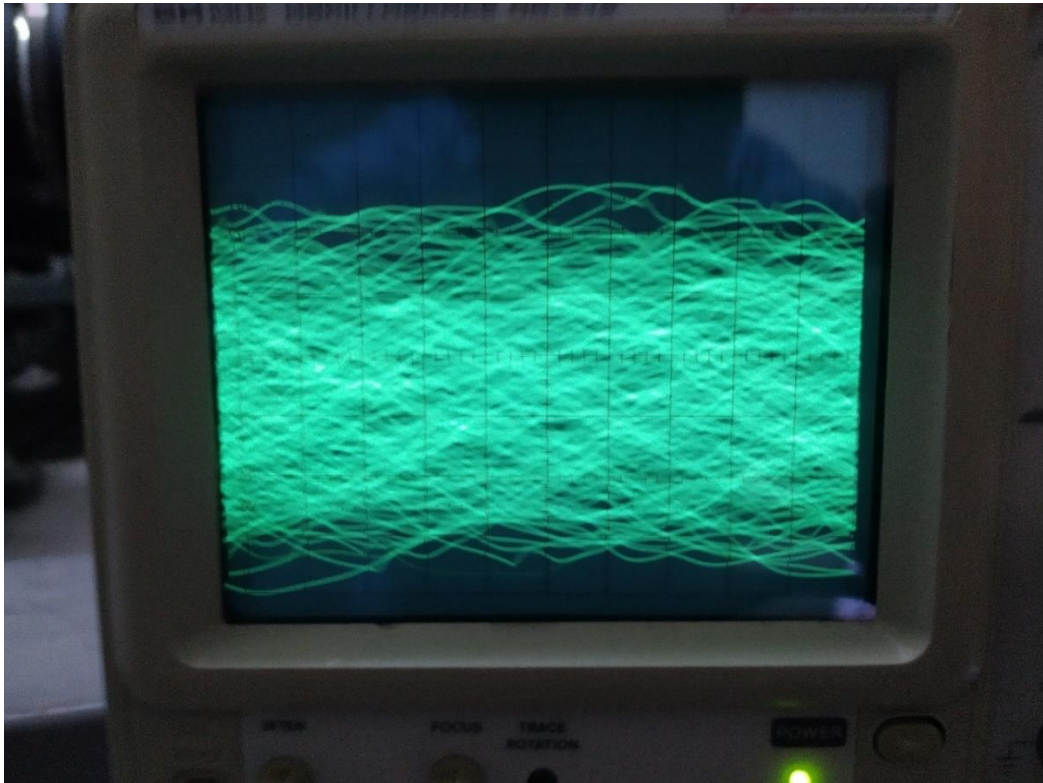


Fotografia 55: Mesura oscil·loscopi

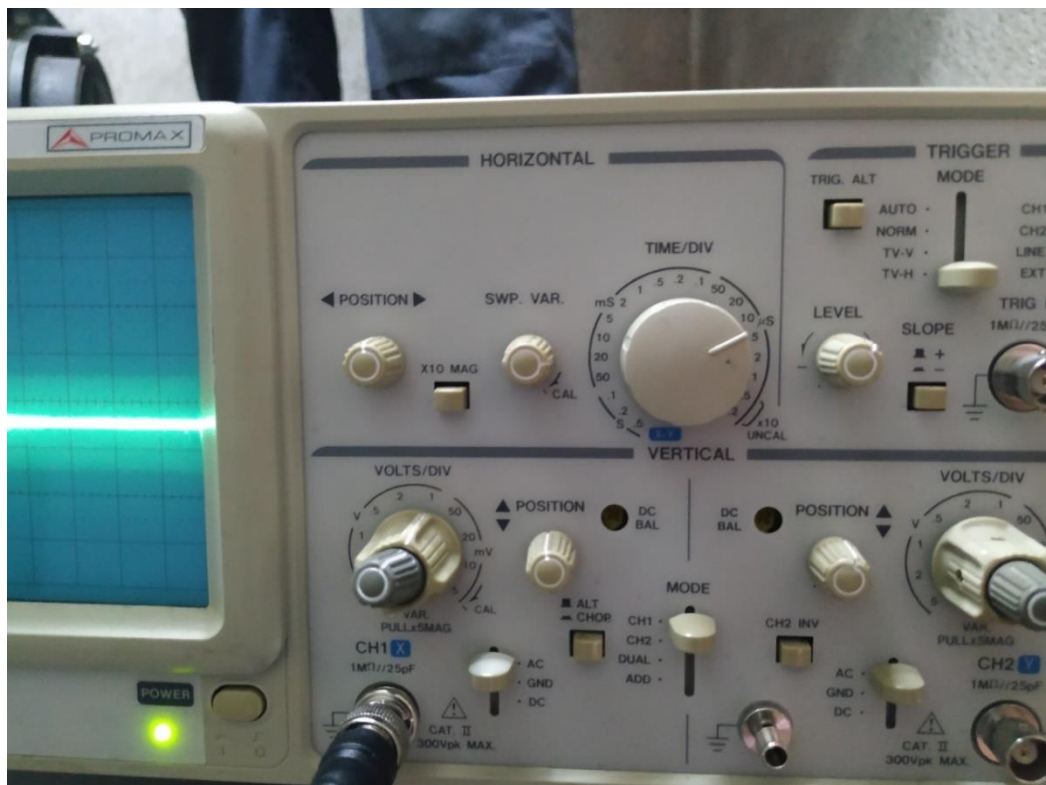


Fotografia 56: Graduació oscil·loscopi

Frens:

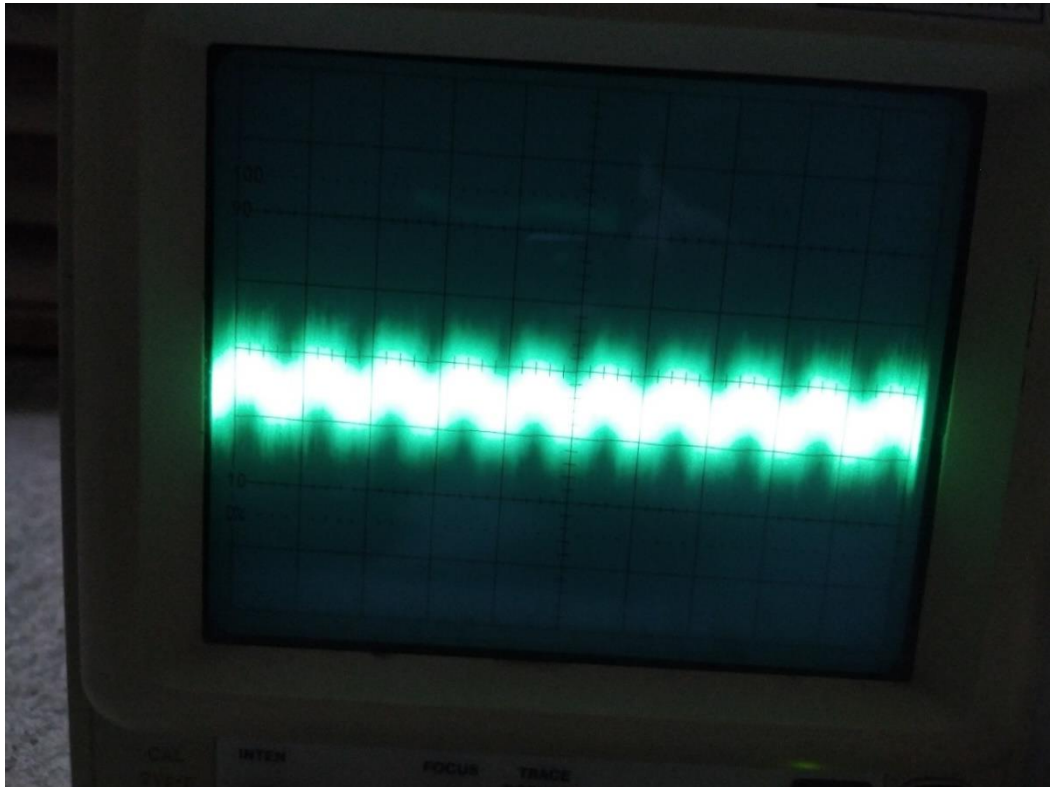


Fotografia 57: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 58: Graduació oscil·loscopi

Fora sala maquines:



Fotografia 59: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 60: Graduació oscil·loscopi

#### B.4 Hidràulic

##### B.4.1 Mesures sonòmetre

Quadre de maniobra:



Fotografia 61: Mesura sonòmetre

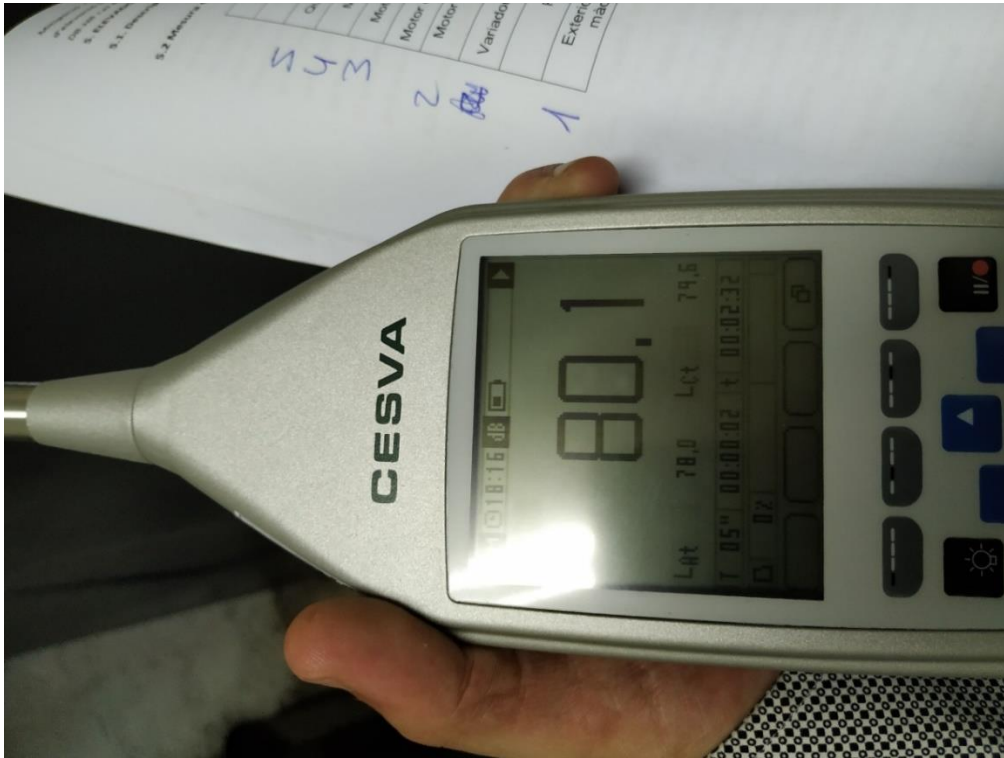
Motor arrancada:



Fotografia 62: Mesura sonòmetre

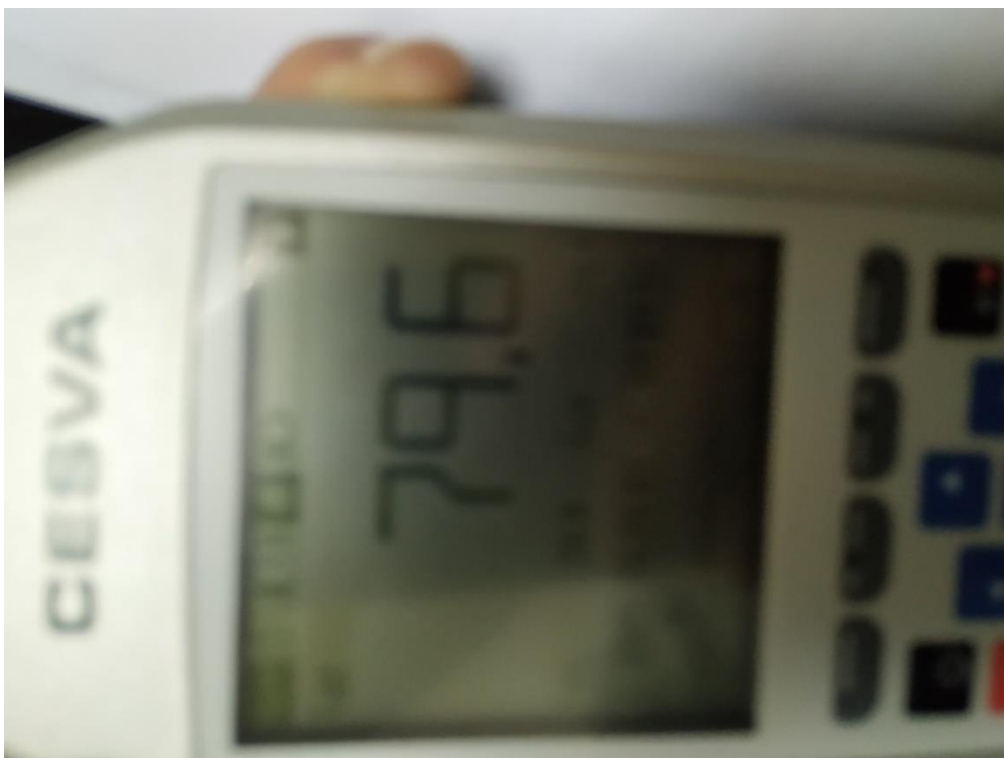


Motor funcionament règim continu:



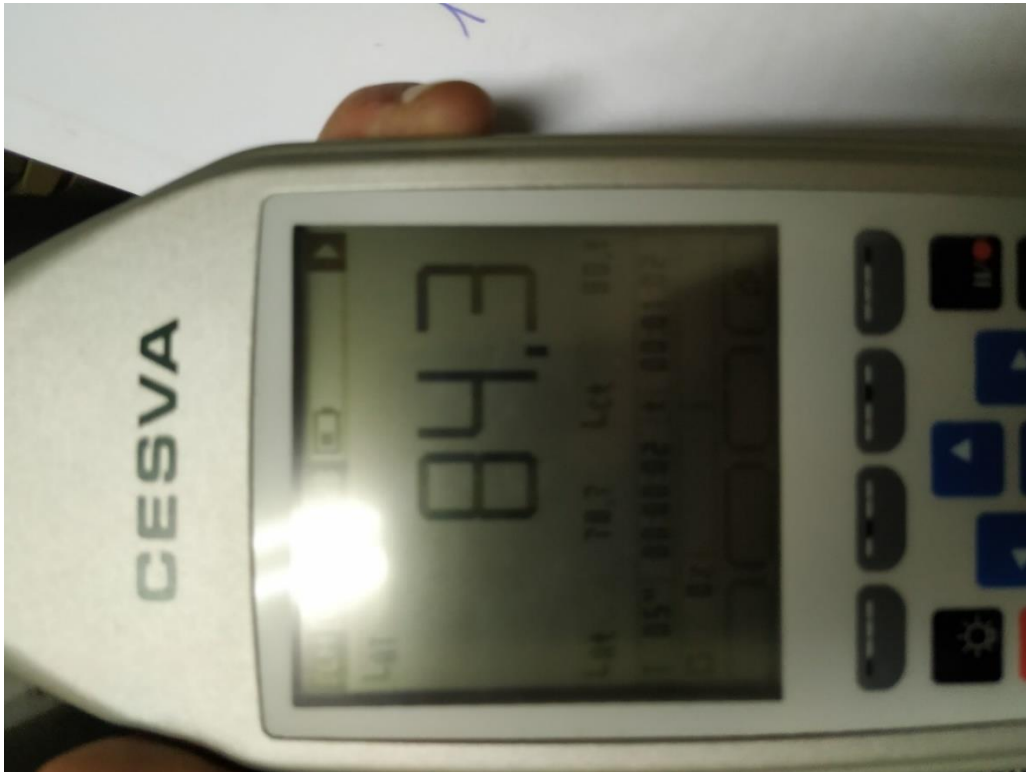
Fotografia 63: Mesura sonòmetre

Motor canvi de velocitat:



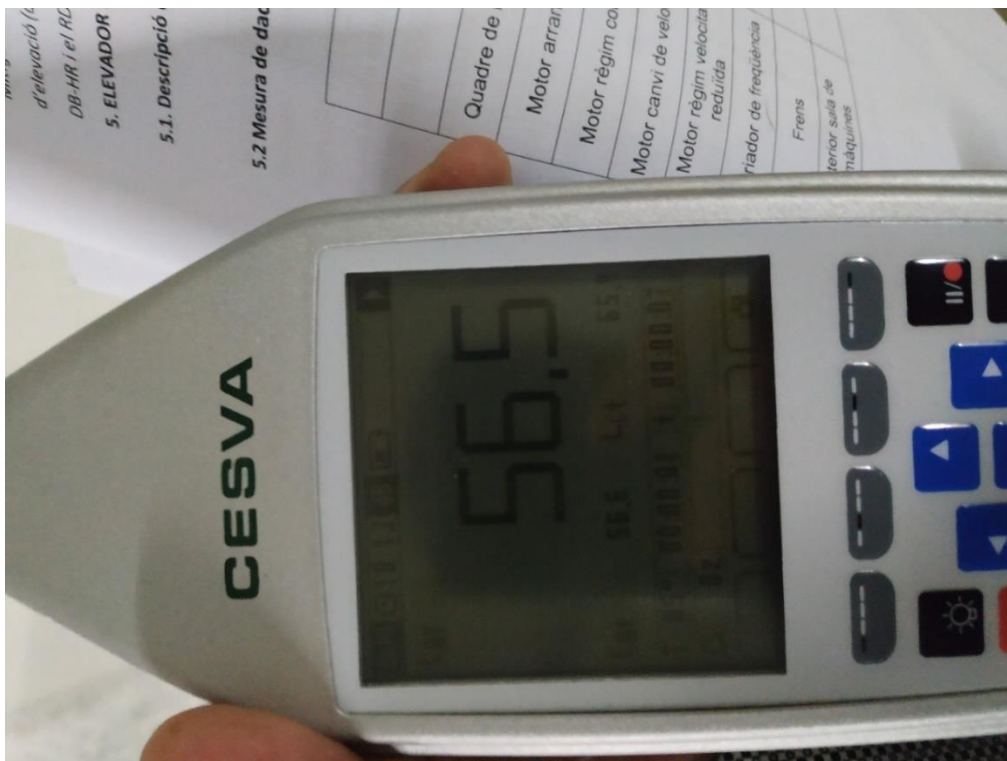
Fotografia 64: Mesura sonòmetre

Motor funcionament règim velocitat reduïda:



Fotografia 65: Mesura sonòmetre

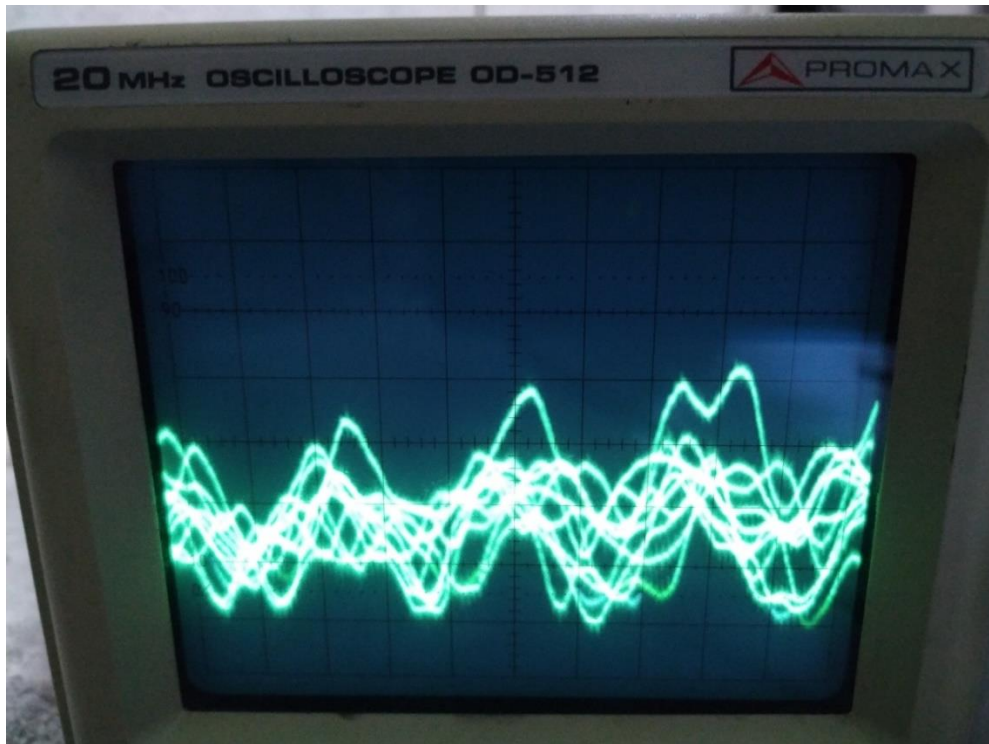
Fora sala maquines:



Fotografia 66: Mesura sonòmetre

### B.4.2 Mesures lector radioelèctriques

Quadre de maniobra:

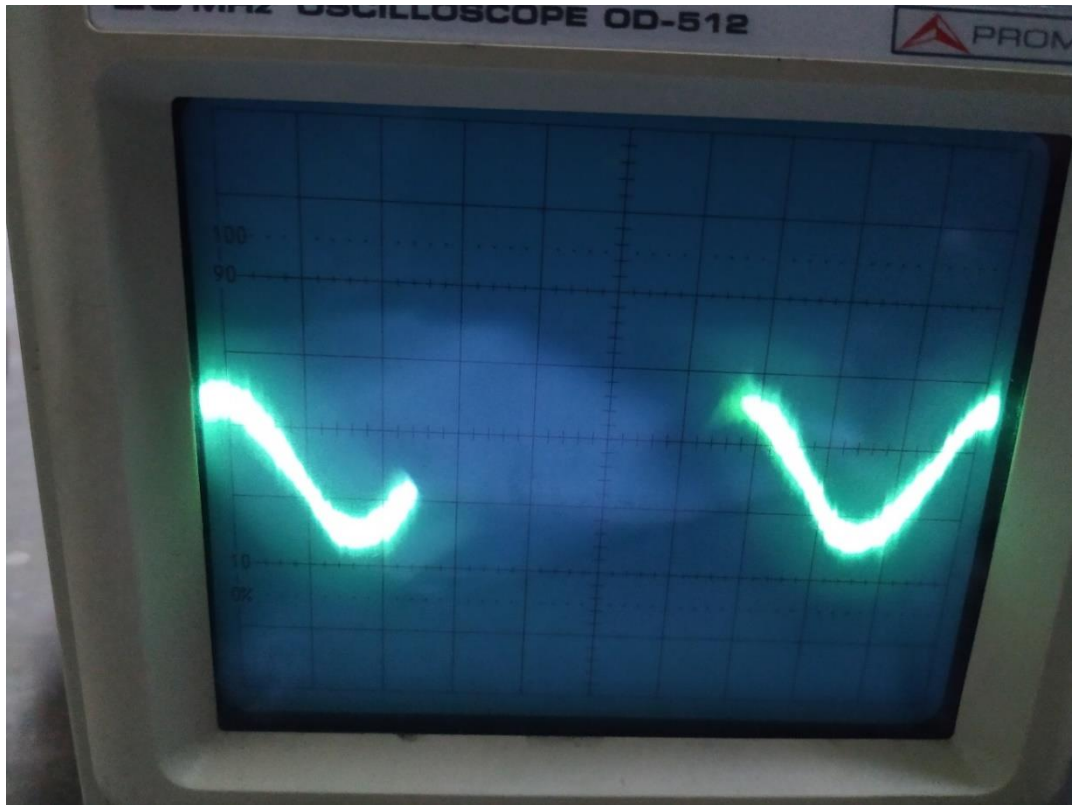


Fotografia 67: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 68: Graduació oscil·loscopi

Motor arrancada:

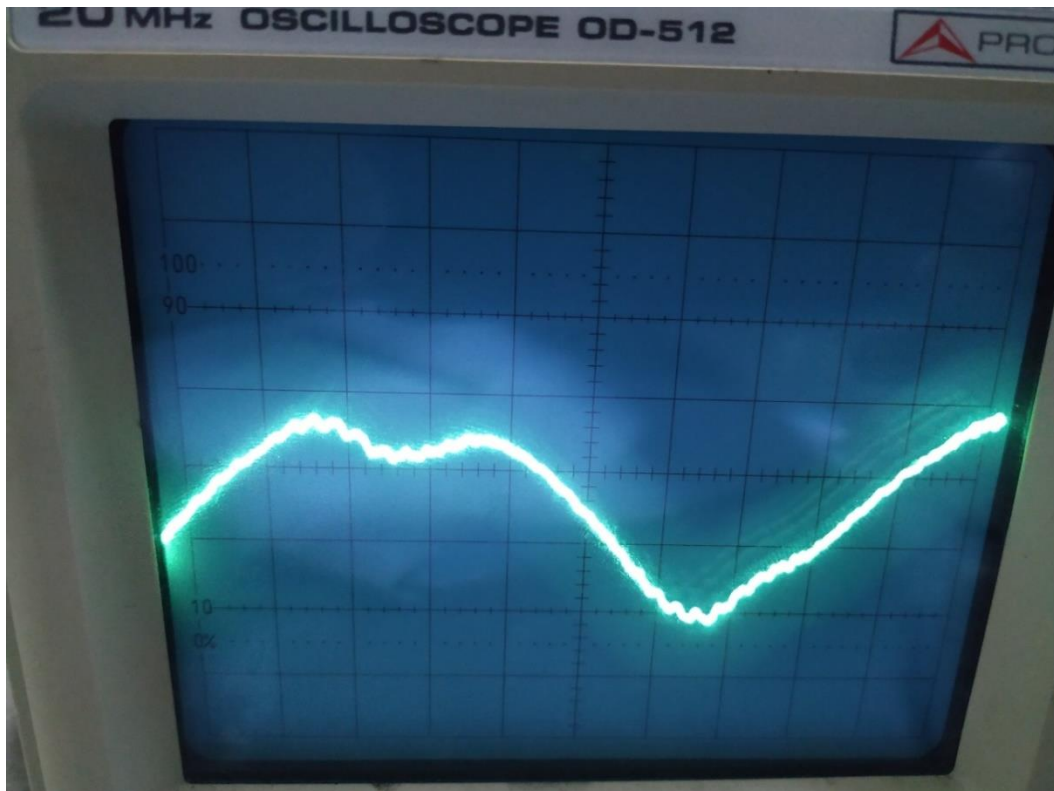


Fotografia 69: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 70: Graduació oscil·loscopi

Motor funcionament règim continu:

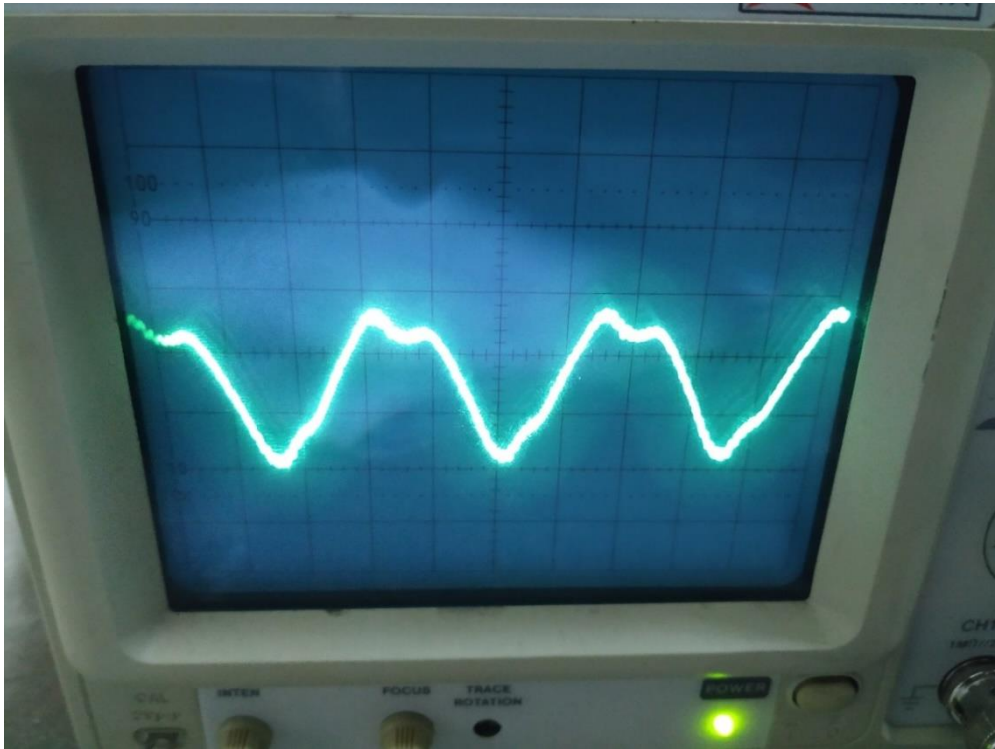


Fotografia 71: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 72: Graduació oscil·loscopi

Motor canvi de velocitat:

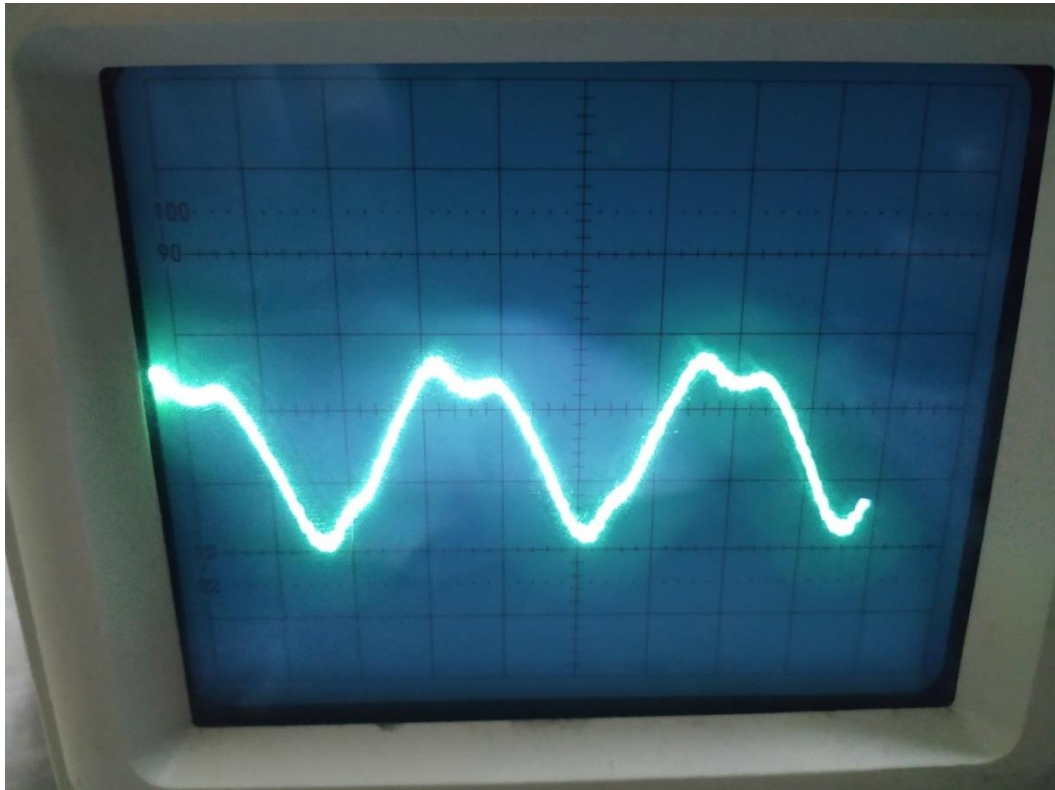


Fotografia 73: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 74: Graduació oscil·loscopi

Motor funcionament règim velocitat reduïda:

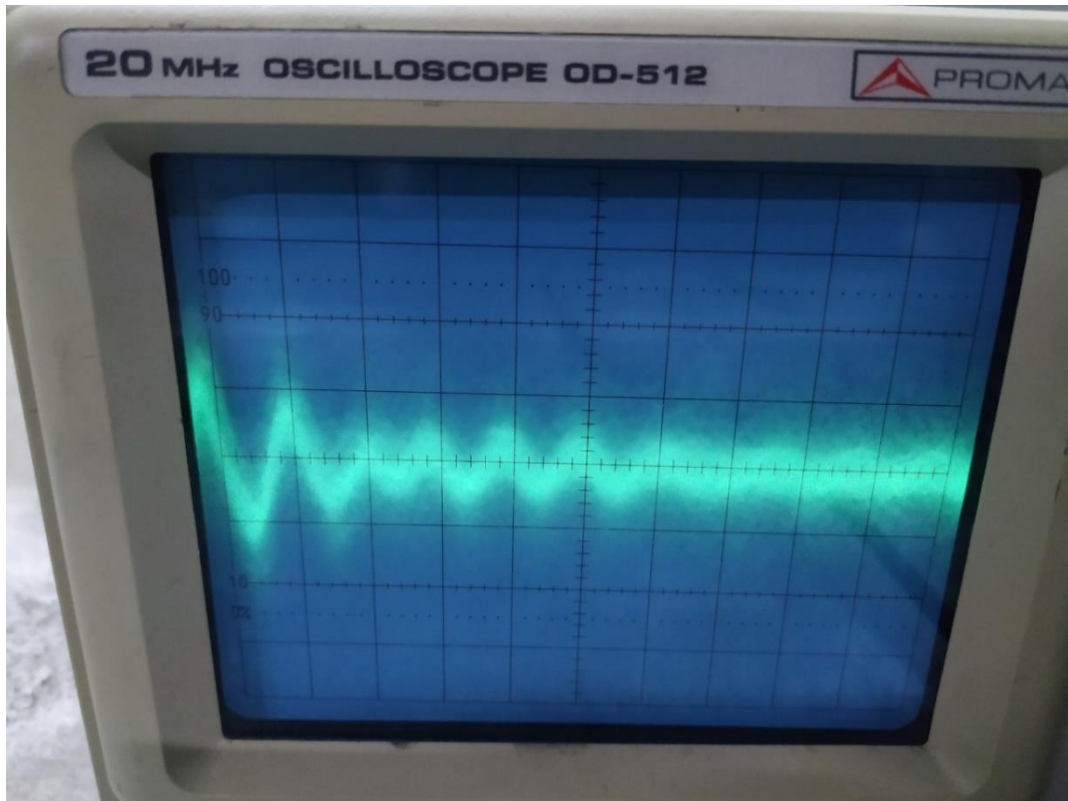


Fotografia 75: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 76: Graduació oscil·loscopi

Fora sala maquines:



Fotografia 77: Mesura oscil·loscopi



Fotografia 78: Graduació oscil·loscopi