

Treball final de grau

**Estudi: Grau en Tecnologies
Industrials**

Títol:

**Estudi i re-disseny d'una
cadira-llitera d'ús hospitalari**

Document: 1-Memòria i Annexos

Alumne: Martí Anglada Sèculi

Tutor(docent EPS): Inés Ferrer Real

Departament: Enginyeria Mecànica i de la construcció

Àrea: Processos de fabricació

Convocatòria (mes/any): 01/2016

Índex

1. Introducció	4
1.1 Antecedents	4
1.2 Objectiu	4
1.3 Abast	5
1.4 Requeriments	5
2. Descripció de la cadira	6
2.2 Mecanismes	9
2.3 Pistons	11
2.4 Bloc de control	11
3. Anàlisi i estudi dels mecanismes	12
3.1 Respatller	12
3.2 Tisora	14
3.3 Incorporació	16
3.4 Reposapeus	19
4. Modificacions dels mecanismes	22
4.1 Respatller	22
4.2 Tisora	25
4.3 Conjunt	28
5. Millores	30
5.1 Tisora	30
5.2 Reposapeus	31
6. Pressupost de l'estudi	33
7. Projectes futurs	34
8. Conclusions	35
9. Bibliografia	36
A. Imatges de la cadira-llitera	38
A.1 Cadira-llitera inicial	38
A.1.1 Conjunt inicial	38
A.1.2 Respatller mecanisme inicial	40
A.1.3 Tisora mecanisme inicial	42
A.1.4 Incorporació mecanisme inicial	43
A.1.5 Reposapeus mecanisme inicial	45
A.1.6 Caixa de control posició inicial	46
A.2 Cadira-llitera modificada	48
A.2.1 Conjunt modificat	48

A.2.2 Respatller modificat	50
A.2.3 Tisora modificada	52
A.2.4 Incorporació modificada	54
A.2.5 Reposapeus modificat	56
A.2.6 Caixa de control posició modificada.....	58
A.3 Milllores	59
A.3.1 Reposapeus millorat	59
B. Càlculs de l'anàlisi.....	61
B.1 Respatller	61
B.2 Tisora	63
B.3 Incorporació.....	67
B.4 Reposapeus	70
C. Documents tècnics pistons.....	77
D. Documents tècnics caixa de control	85

I – Memòria

1. Introducció

1.1 Antecedents

L'empresa Decam Llits Abatibles SL es dedica a la fabricació de cadires mòbils per a persones hospitalitzades. L'any passat una empresa estrangera es va posar en contacte amb ell i els va proposar desenvolupar un nou producte multifuncional convertible en llit, una cadira-llitera, pel mercat hospitalari.

D'entrada el nou producte difereix bastant dels models que Decam ha anat produint fins a data d'avui, fet que suposa la incorporació de més complexitat mecànica.

Al presentar la cadira la primera valoració es positiva, però al introduir-la al mercat, el mal ús que se'n fa, juntament amb la superació d'alguns dels requeriments inicials previstos, com ara la força que han de fer els pistons, juntament amb altres anomalies de disseny, fan que es qüestioni la fiabilitat de la cadira i s'atura la comercialització del producte per fer un estudi exhaustiu que ajudi a solucionar els problemes detectats.

1.2 Objectiu

En aquest projecte, es vol aconseguir trobar els problemes que van fer fallar la cadira al passar els controls de qualitat i re-dissenyar-la.

Per assolir aquest objectiu es portaran a terme les següents tasques:

- Analitzar els mecanismes dels 4 moviments de la cadira-llitera: Respatller, Tisora, Incorporació i Reposapeus, per descobrir que fa que no compleixi els requeriments.
- Proposar solucions mantenint els mecanismes actuals dels principals elements motrius, per tal que la cadira es pugui comercialitzar de forma immediata.

L'empresa necessita disposar de la cadira el més aviat possible, per això es faran petites modificacions per canviar-la el mínim, però que es pugui complir amb els requeriments demanats.

- Proposar canvis als mecanismes que permetin millorar el funcionament de la cadira. L'empresa no ens limita i vol saber quines possibilitats hi ha per valorar-les.

1.3 Abast

El projecte tracta de l'anàlisi i re-disseny dels mecanismes que permeten el moviment de la cadira-llitera, no l'anàlisi i re-disseny dels elements estructurals que componen el cos de la mateixa.

1.4 Requeriments

Aquestes especificacions són proposades per l'empresa externa.

Taula 1:Requeriments

Pes màxim	250 kg / 2452.5 N
Alçada plegada, màxima	555 mm
Alçada desplegada, mínima	900 mm
Inclinació cadira posició llitera	180°

2. Descripció de la cadira

L'objecte de l'estudi és una cadira-llitera d'ús hospitalari dissenyada per facilitar als pacients dels centres el seu dia a dia, és la unificació del mobiliari que utilitza una persona ingressada i que trobaríem en una habitació d'hospital : cadira de rodes, llit i butaca en un sol element, i que permet reduir els trasllats dels usuaris d'un lloc a un altre, estalviant temps al personal d'infermeria, camillers, familiars i altres.

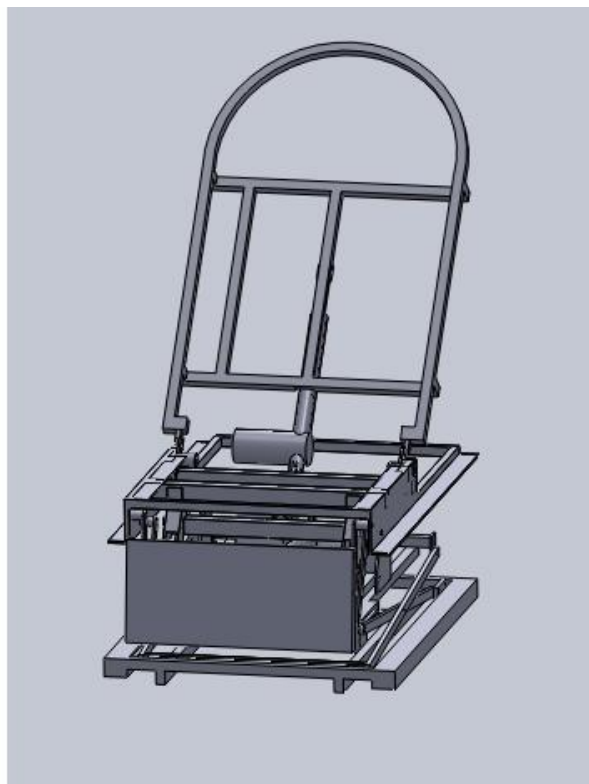


Figura 1: Cadira-llitera

Per veure les imatges de la cadira dirigir-nos a l'annex A.

La cadira-llitera, està formada per quatre estructures d'acer: la central, el respatllet, la base de la tisora i la part superior de la tisora, i quatre mecanismes que donen el moviment: Respatller, Tisora, Incorporació i Reposapeus, que són accionats per quatre pistons que van connectats a una caixa de control i s'accionen a través d'un comandament.

2.1 Estructures

-Central: conforma el seient de la cadira i va unida a tres mecanismes i al respatller. Es desplaça al accionar el mecanisme Tisora i Incorporació.

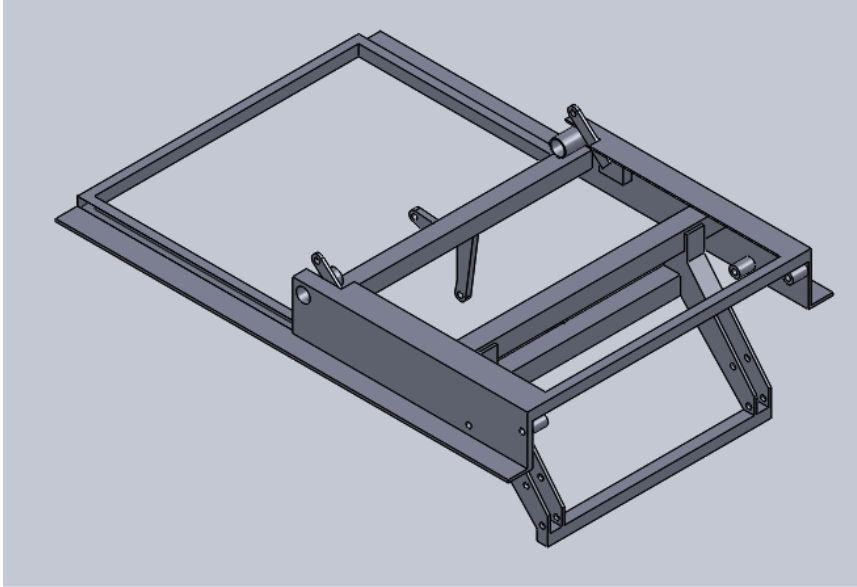


Figura 2: Cos Central

-Respatller: es tracta d'un conjunt de barres que donen forma el respatller, va unida a l'estructura central i el mecanisme Respatller. Es desplaça al accionar el mecanisme mencionat.

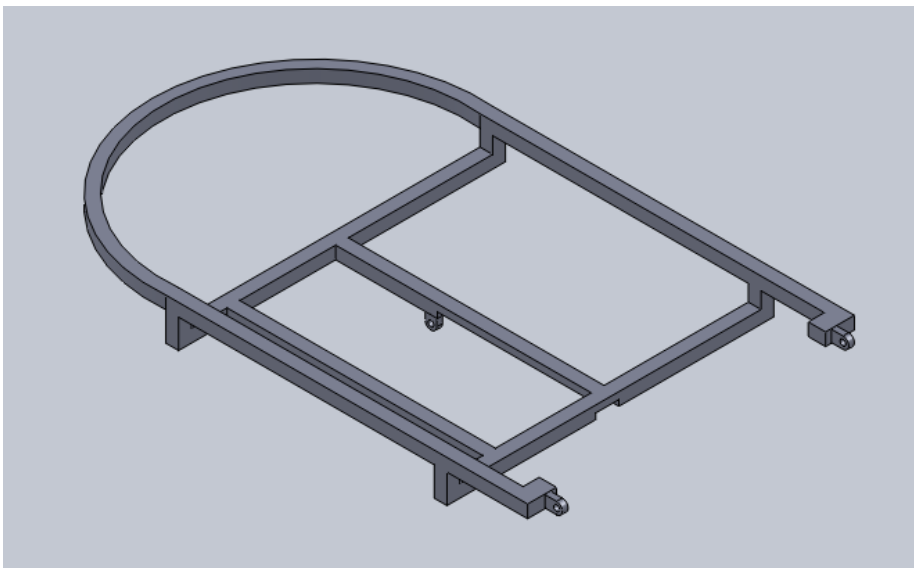


Figura 3: Respatller

-Base de la tisora: bloc d'acer massís que fa de base i dona estabilitat a la cadira, va unida al mecanisme Tisora.

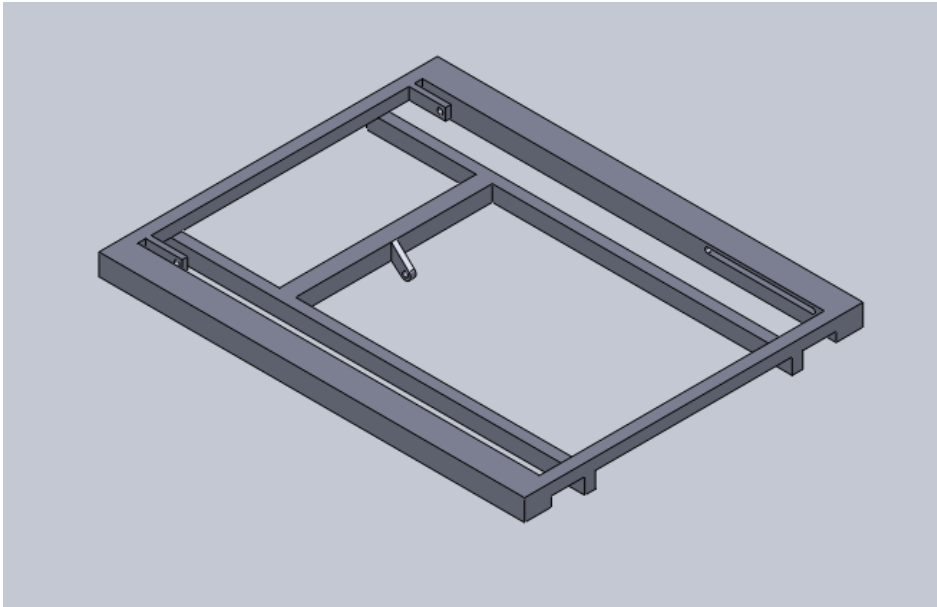


Figura 4: Base de la tisora

-Part superior tisora: estructura que uneix la tisora amb la resta de la cadira. Es desplaça al accionar el mecanisme Tisora.

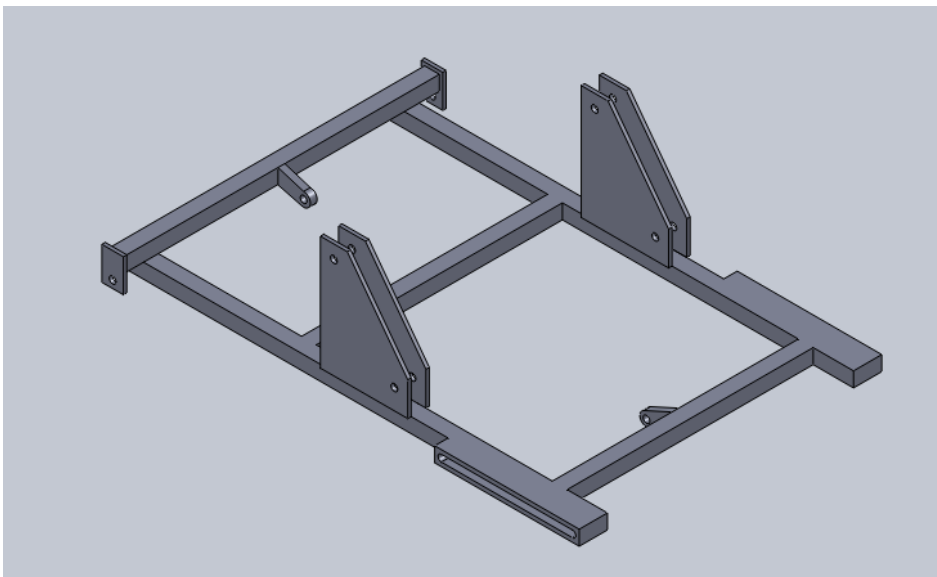


Figura 5: Part superior tisora

2.2 Mecanismes

-Respatller: permet canviar la inclinació de la cadira, ja sigui per poder acomodar-se millor o per transformar la cadira en llitera. És capaç de moure l'estructura del respatller 90°.

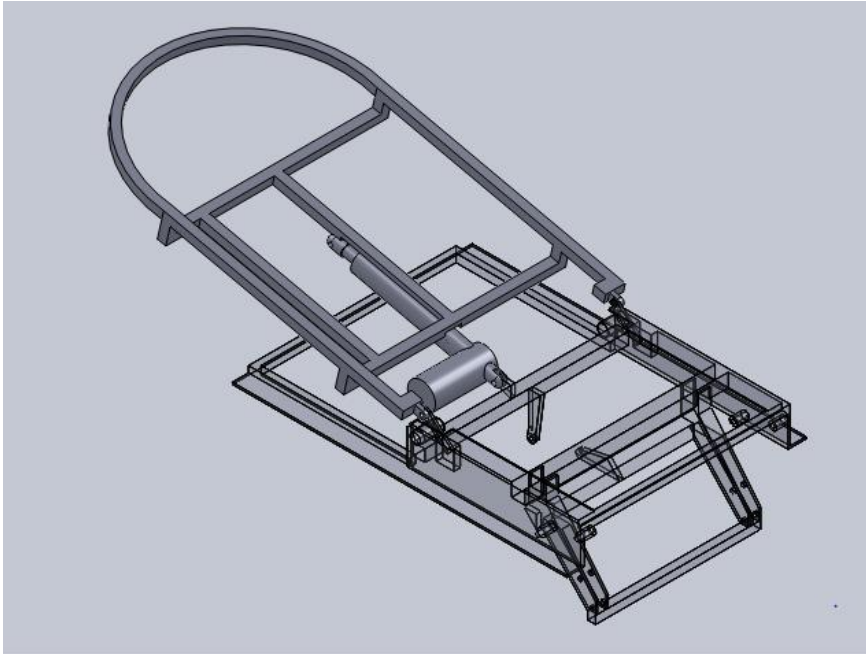


Figura 6: Mecanisme Respatller

-Tisora: encarregada d'augmentar o disminuir l'alçada del seient. El seu recorregut mou el seient entre 555mm i 900mm d'alçada.

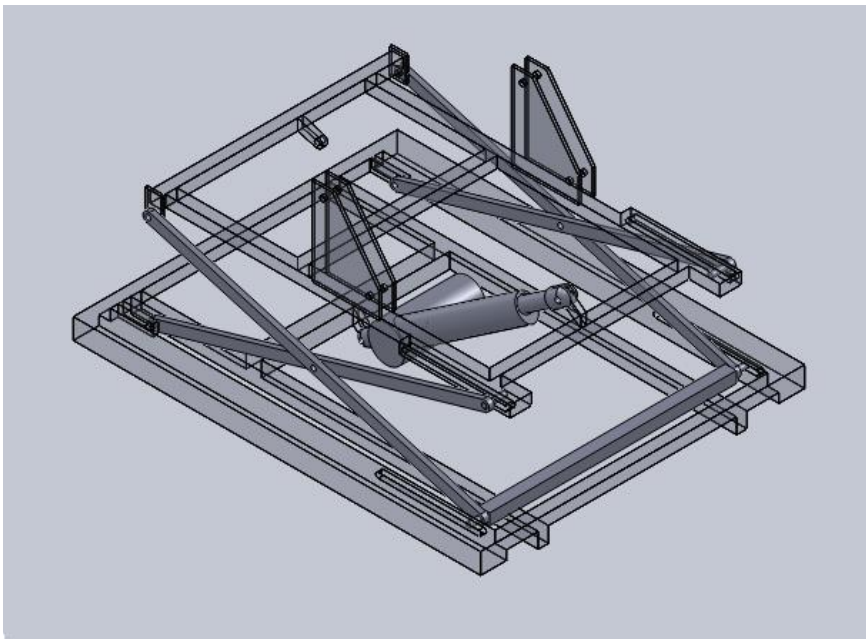


Figura 7: Mecanisme Tisora

-Incorporació: la seva funció és facilitar a les persones amb mobilitat reduïda aixecar-se de la cadira. Provoca una roto-translació de l'estructura central de la cadira que permet al pacient posar-se dret amb menys esforç.

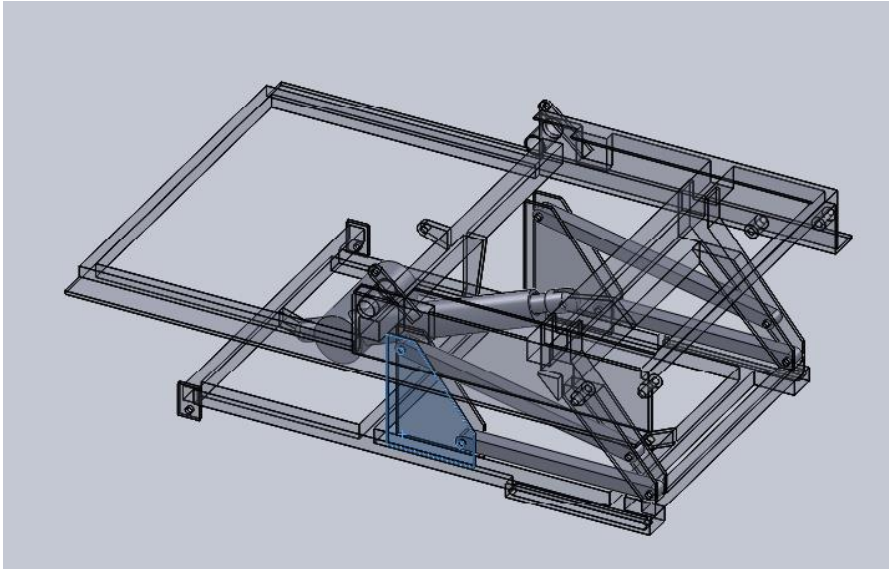


Figura 8: Mecanisme Incorporació

-Reposapeus: treballa amb la mateixa finalitat que el Respatller, permet acomodar-se millor i transformar la cadira en llitera. Està format per un conjunt de barres, que transporta una plataforma metàl·lica de la posició vertical fins a la posició horitzontal de llit.

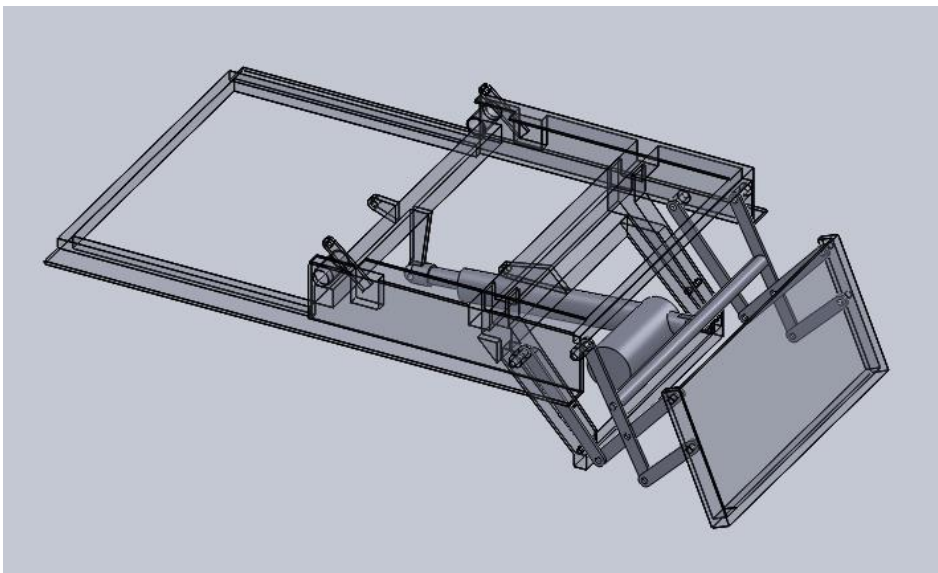


Figura 9: Mecanisme Reposapeus

2.3 Pistons

La cadira porta 4 pistons Megamat 2, de la casa Dewert, amb una capacitat de càrrega de 6000 N. Aquests actuadors tenen 420mm de longitud amb una cursa de 265mm.

Veure annex C.

2.4 Bloc de control

Tota l'electrònica de la cadira va connectada a una caixa que trobem situada en el pistó de la incorporació, on hi van connectats tots els pistons. D'aquesta caixa en surt el cable de l'endoll elèctric i el comandament dels pistons.

Veure annex D.

3. Anàlisi i estudi dels mecanismes

En primer lloc s'agafaran tots els mecanismes que formen part de la cadira, s'aïllaran i s'analitzaran individualment. Es fa un estudi de forces per saber si el pistó és capaç de donar la força necessària al llarg de tot el moviment. Per aconseguir-ho es fa una parametrització dels 4 sistemes.

Per conèixer la posició de totes els punts i el valors dels angles dels mecanismes s'utilitza la parametrització. Es dona valor a un angle del mecanisme i s'utilitzen equacions per relacionar-lo amb la resta de incògnites del mecanisme.

L'estudi es farà fent càlculs d'estàtica. Com que el moviment és tan lent, es pot descriure com una infinitat d'estats d'estàtica i la parametrització ens permet estudiar cada un d'aquests estats.

Tots els mecanismes són simètrics, això ens permet treballar en 2 dimensions, fet que simplifica substancialment l'anàlisi.

Per ajudar-nos en l'elaboració de l'estudi es genera el dibuix 3D de totes els component de la cadira-llitera.

Per veure els càlculs detallats i les equacions anar a l'Annex B.

3.1 Respatller

Aquest mecanisme és el més senzill de tots, es treballarà només amb l'estructura respatller.

Tot i ser el més fàcil, també és el menys eficient de tots, com es pot observar a la figura 10. Té un gran braç de palanca on s'aplica el pes de la persona mentre que el braç que pot utilitzar el pistó, al venir paral·lel a les barres del respatller, és molt més petit.

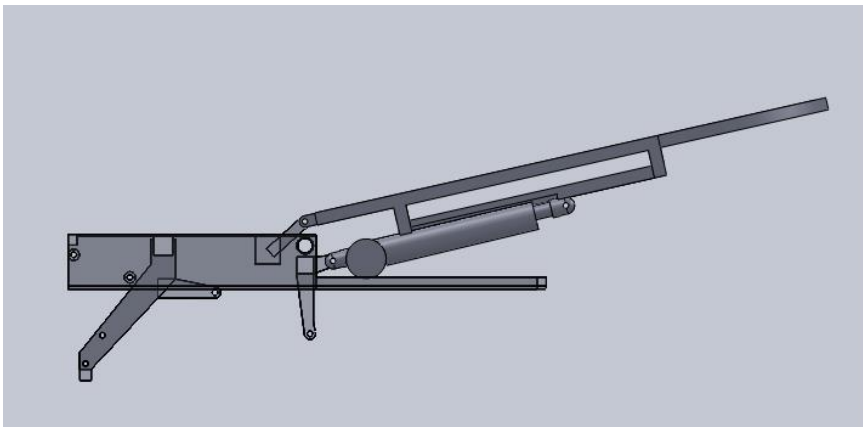


Figura 10: Mecanisme Respatller 3D

Per estudiar el mecanisme es passà del 3D a una imatge esquematitzada, figura 11.

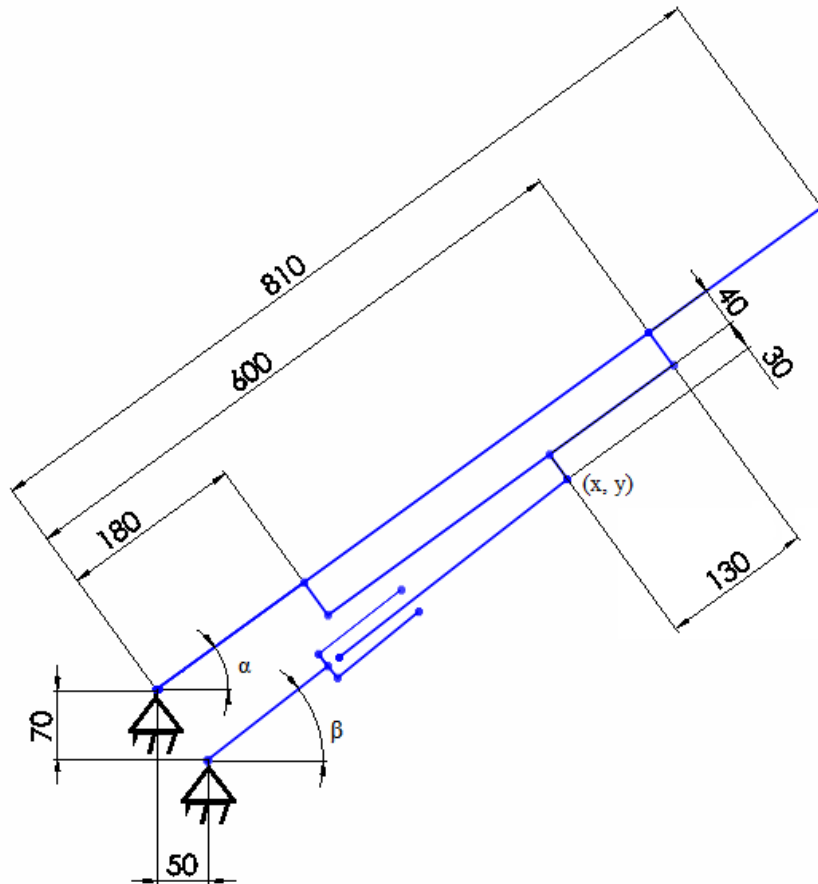


Figura 11: Esquema mecanisme respatller

Cal recordar :

- El pes que s'utilitza són 250 kg.
- Al respatller només es recolza el tronc superior, aproximadament un 55% de la massa corporal, uns 135 kg.
- El pes del pacient queda repartit al llarg de tota l'estructura però si s'ha d'ubicar com una força puntual es trobaria a uns 400mm del punt fix sobre el respatller.

Paràmetre

$$0^{\circ} < \alpha < 90^{\circ}$$

En funció de l'angle es pot definir el valor de x, y i β del mecanisme utilitzant les equacions (1.1), (1.2) i (1.3).

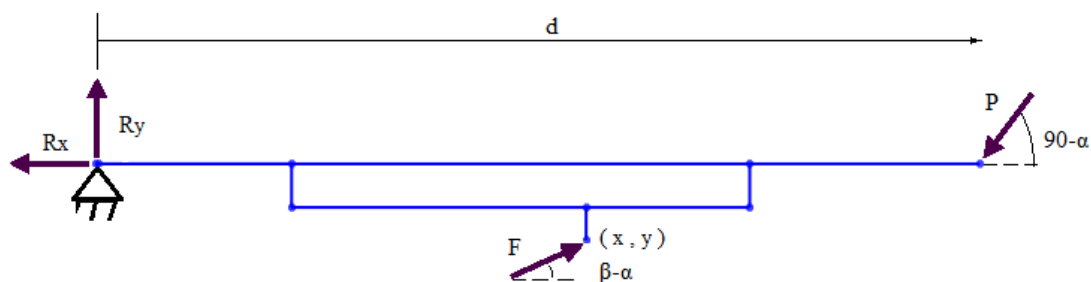


Figura 12: Cos lliure mecanisme respatller

I amb l'equació (1.7) s'obté la força que ha de donar el pistó.

Taula 2: Resultats estudi mecanisme respatller

P(kg)	d(m)	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	F(N)
135	0.4	0	0	7567.7
135	0.4	10	11	6671.9
135	0.4	20	21.6	5990.6
135	0.4	30	31.9	53462.9
135	0.4	40	41.9	4743,8
135	0.4	50	51.5	4138.5
135	0.4	60	60.9	3423.3
135	0.4	70	70.1	2558.3
135	0.4	80	79.1	1469.25
135	0.4	90	87.9	0

Ràpidament es veu que la força inicial necessària per començar a pujar el respatller supera el límit dels 6000 N, així que s'haurà de modificar el mecanisme per poder complir els requeriments.

3.2 Tisora

Ara es tracta del típic mecanisme d'elevació, té dos punts paral·lels i fixes en un costat mentre que els altres dos oposats es desplacen horitzontalment, sobre un carril, permetent guanyar alçada augmentant l'angle de les barres.

El que s'ha de fer és assegurar-se que el mecanisme està ben dissenyat i el pistó treballa dins la seva tolerància.

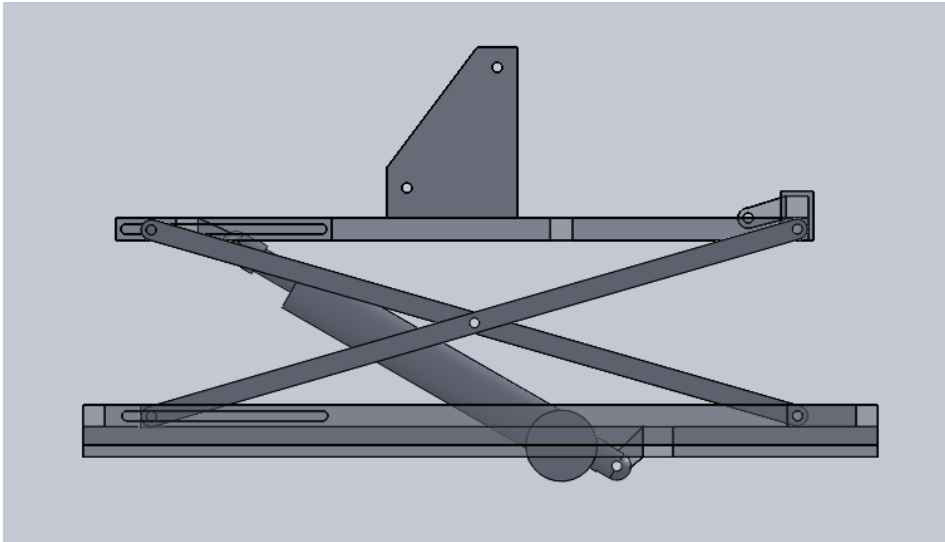


Figura 13:Mecanisme Tisora 3D

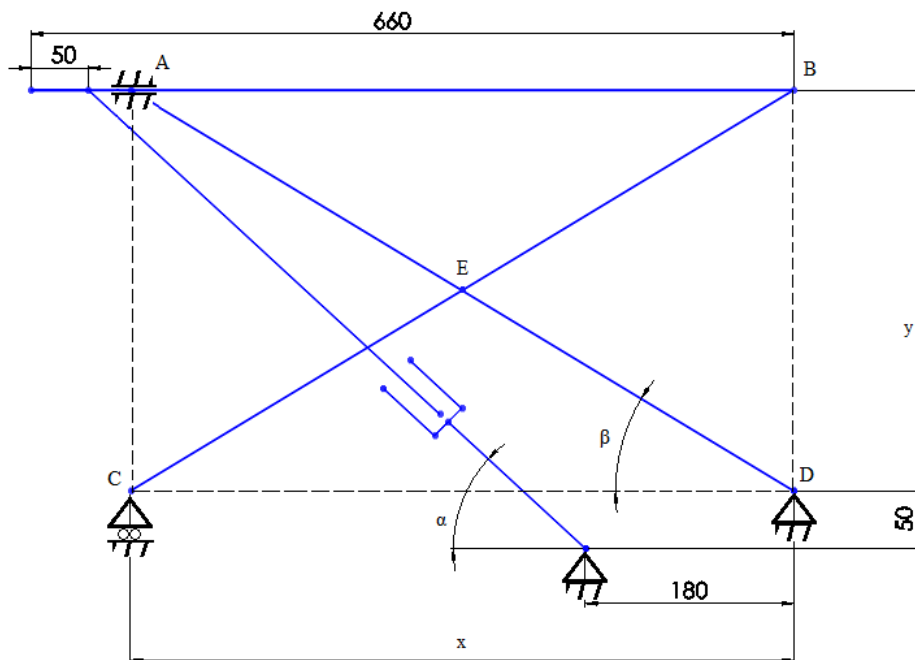


Figura 14: Esquema mecanisme tisora

En aquest cas es treballa utilitzant la totalitat del pes: 250 kg.

Paràmetre

$$100\text{mm} < y < 410\text{mm}$$

En funció de la distància vertical dels punts d'unió es pot conèixer l'angle de les barres (β) i el pistó (α), de la mateixa manera que la posició X dels punts mòbils de la tisora, utilitzant les equacions (2.1), (2.2) i (2.3).

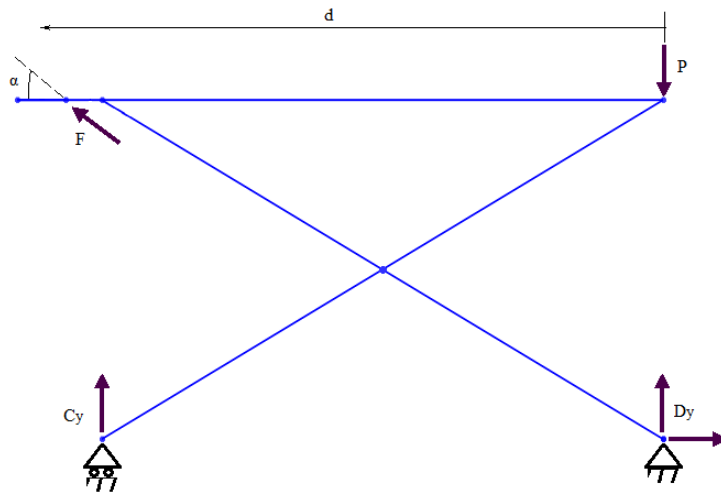


Figura 15: Cos lliure mecanisme tisora

El mecanisme és més complex que l'anterior així que s'haurà d'estudiar el conjunt i les barres individualment. Unificant totes les equacions per trobar la equació (2.16) amb la que s'aconsegueixen els valors de forces següents:

Taula 3: Resultats mecanisme tisora

P(kg)	y(mm)	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	x(mm)	F(N)
250	100	19.23	8.58	662	7442
250	150	24.94	12.94	652.99	5816.83
250	200	30.17	17.37	639	4878
250	250	34.9	21.91	621.61	4286.61
250	300	39.14	26.6	599	3885
250	350	42.93	31.49	571.31	3600.51
250	410	46.93	37.73	530	3357.6

Igual que en el mecanisme anterior, aquest necessitarà que s'hi facin canvis per no superar el límit de l'actuador, ja que en les primeres etapes del desplegament de la tisora es necessita més força de la que dona el pistó.

3.3 Incorporació

Es tracta d'un mecanisme diferent, permet fer una roto-translació de l'estructura central de la cadira per aconseguir que avanci i al mateix moment s'inclini per reduir l'esforç que suposa posar-se dret.

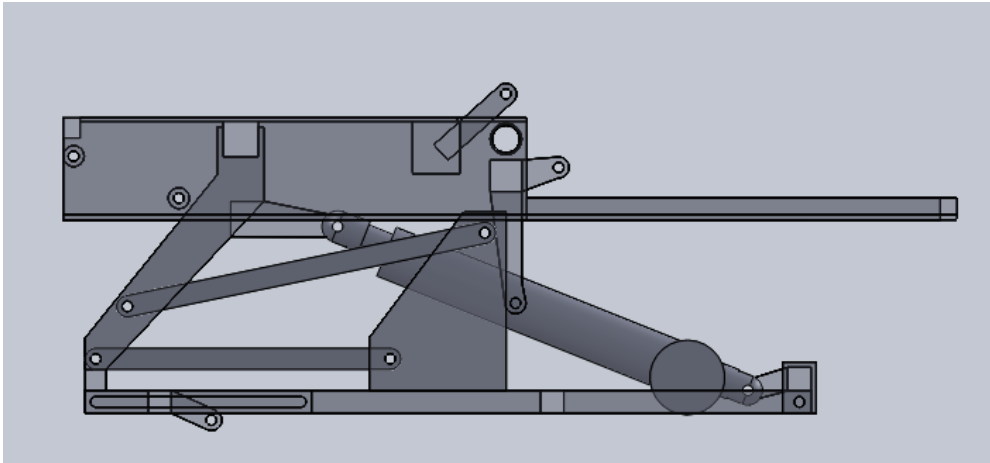


Figura 16: Mecanisme incorporació 3D

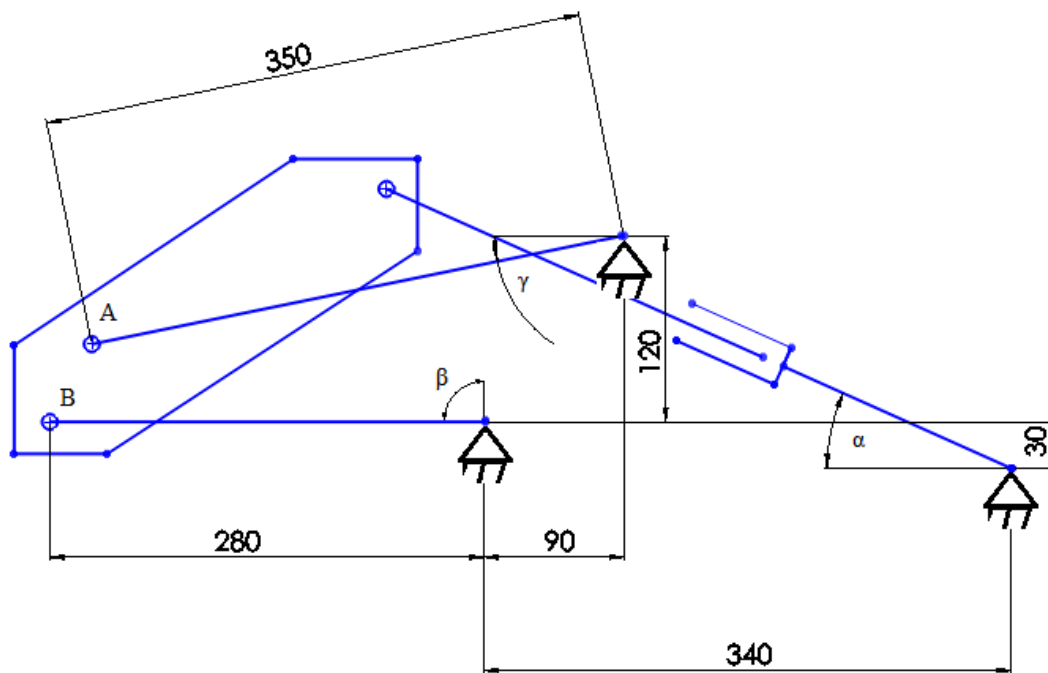


Figura 17: Esquema mecanisme incorporació

Unit sobre el mecanisme es troba el cul de la cadira, on s'aplicarà tot el pes. Es segueix treballant amb els 250 kg de massa corporal.

Es col·locarà la càrrega puntual a 190mm, posició on quedaria centrat el pes d'una persona assentada.

Paràmetre

$$0^\circ < \beta < 25^\circ$$

Utilitzant l'angle es pot resoldre la posició en tot moment dels 2 punts (A, B) que uneixen el mecanisme amb el cos central utilitzant les equacions (3.1), (3.2), (3.3), (3.4) i (3.5).

Un cop localitzats els punts A i B, que formen part del quadrilàter articulat amb la bancada, es relacionen amb el punt F substituint les seves posicions x i y en les equacions (3.6) i (3.7).

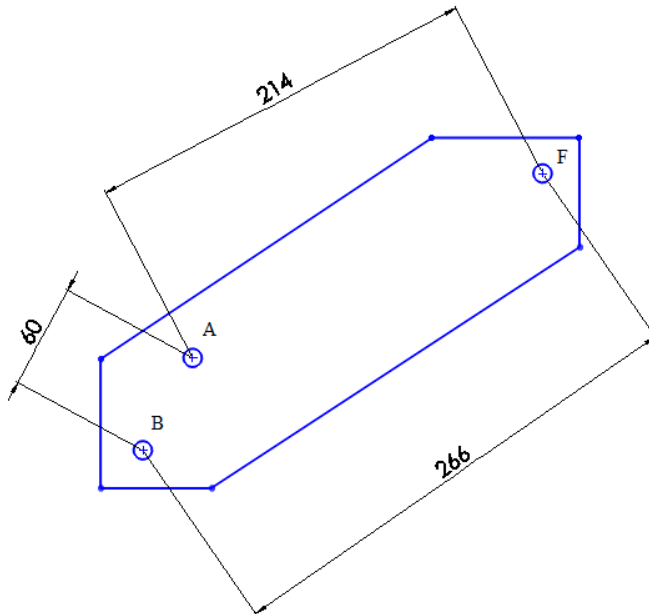


Figura 18: Esquema mecanisme incorporació 2

Amb les equacions (3.8), (3.9) i (3.10) s'aconsegueixen els valors dels angles que falten.

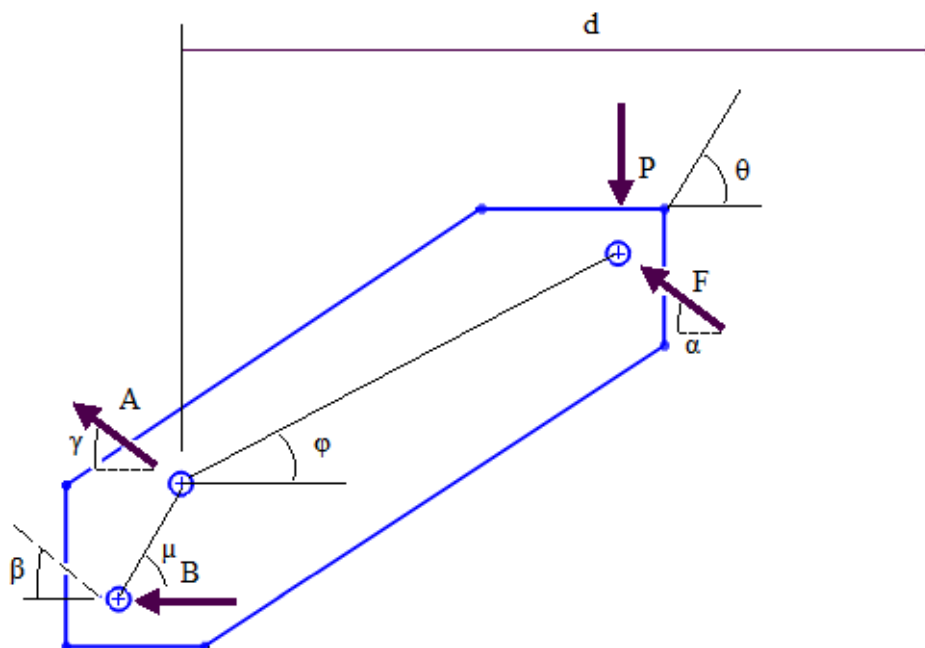


Figura 19: Cos lliure mecanisme incorporació

Per acabar s'utilitza el sistema d'equacions format per (3.11), (3.12) i (3.13) per trobar la F .

Taula 4: Resultats mecanisme incorporació

P(kg)	d(mm)	$\beta(^{\circ})$	$\gamma(^{\circ})$	$\alpha(^{\circ})$	$\mu(^{\circ})$	$\theta(^{\circ})$	$\varphi(^{\circ})$	F(N)
250	190	0	-10	2.23	59	0	27.76	3507.3
250	190	5	-6.5	29.06	69.3	10.3	33.87	3212.1
250	190	10	-2	32.13	74.94	15.94	36.33	3180.5
250	190	15	2	34.94	79.86	20.86	40.94	3066.9
250	190	20	6.2	37.31	85.24	26.24	42.82	3006.3
250	190	25	9,9	39.26	91	32	42.99	2861.8

Aquests són els primers resultats en que no es supera la tolerància del pistó, així que en un primer moment no caldrà fer modificacions al mecanisme.

3.4 Reposapeus

El següent sistema és l'encarregat de treure i amagar una plataforma que permet estirar les cames. El mecanisme té la peculiaritat que les dues barres que es troben unides a la plataforma estan sempre en posició paral·lela [Figura 20].

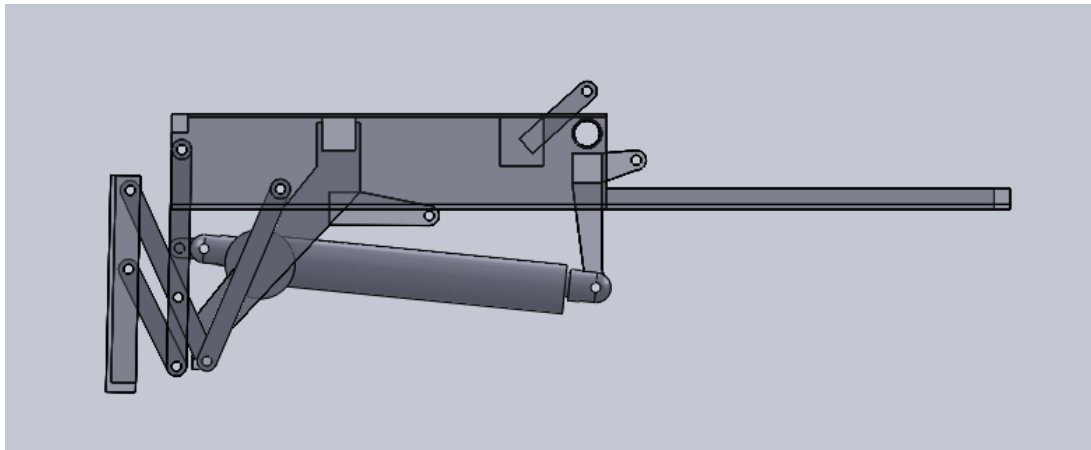


Figura 20: Mecanisme reposapeus 3D

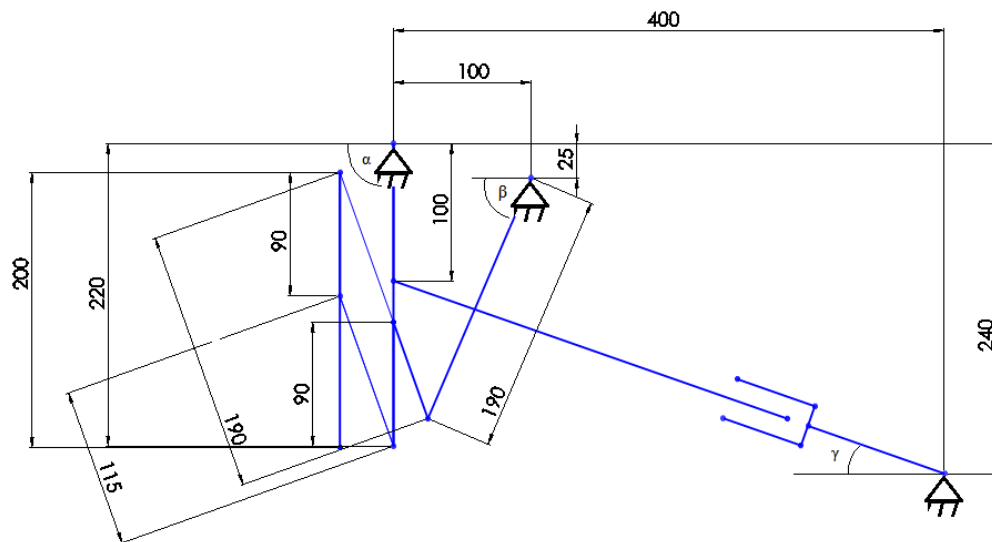


Figura 21: Esquema mecanisme reposapeus

Cal recordar :

- La massa corporal de les extremitats inferiors és un 36% del pes del cos, uns 90 kg,
- Al assentar-se només pengen les cames a partir del genoll, això suposa que el mecanisme només ha d'aguantar una part de la massa total, es consideraran uns 60 kg per fer els càlculs.
- Es situarà el pes al extrem de la plataforma, a 200mm, ja que és difícil trobar on col·locar-lo i és el punt més desfavorable.

Paràmetre

$$-66.2^{\circ} < \beta < 0^{\circ}$$

Es prenen les equacions de la (4.1) a la (4.13), les dues incloses, per trobar la posició de tots els punts del sistema i els angles de les barres.

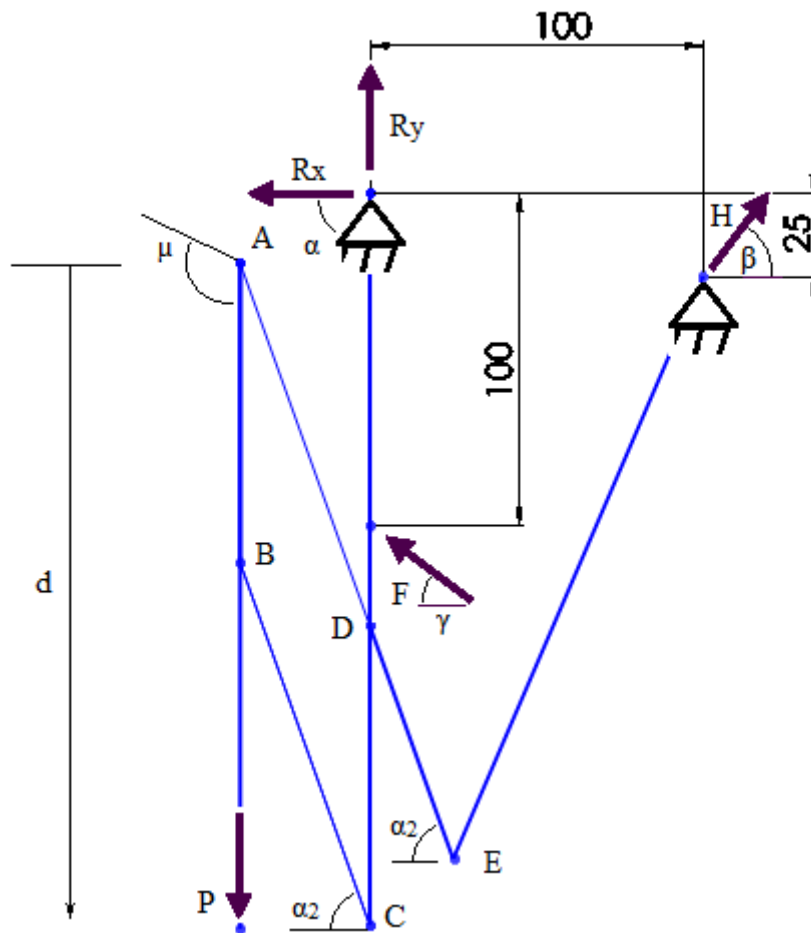


Figura 22: Cost lliure mecanisme reposapeus

Agafant l'equació (4.23) i substituint els resultats de les equacions (4.18), (4.19), (4.20), (4.1), (4.2), (4.16) i (4.17) s'obté la força del pistó.

Taula 5: Resultats mecanisme reposapeus

P(kg)	d(mm)	$\beta(^{\circ})$	$\alpha(^{\circ})$	$\gamma(^{\circ})$	$\mu(^{\circ})$	F(N)
60	200	-66.2	-90	19.29	-90	0
60	200	-60	-75	18.61	-74.6	330.73
60	200	-50	-59	18.86	-58.99	904.83
60	200	-40	-44	19.87	-44	1493.78
60	200	-30	-29	21.45	-28.85	2224.76
60	200	-20	-15	23.32	-15.03	3138.39
60	200	-10	1	25.8	1	4797.03
60	200	0	18	28.68	18.03	5452.25

Els resultats d'aquest estudi també són satisfactoris ja que no es supera el límit de 6000 N del pistó i no caldrà modificar el mecanisme.

4. Modificacions dels mecanismes

Un cop estudiats els quatre mecanismes, es proposaran canvis pels que incompleixen els requeriments. Si es detecten incoherències en les modificacions individuals al unificar-les dins la cadira, es faran canvis en el conjunt.

Cal apuntar que l'empresa disposa d'un gran subministrament de pistons del prototip, que ja té assignats a les futures cadires, així que es treballarà limitats per les seves característiques. El problema que trobem, al estar limitats per les dimensions del pistó, és que segons com es facin els canvis el recorregut del mecanisme es pot veure modificat.

Ens centrarem a millorar l'angle de treball del pistó en les posicions més desfavorables del seu recorregut, ja que és on es necessita més força. Aquesta feina la facilita la parametrització que s'ha fet en l'apartat anterior.

S'agafen els càlculs que s'han fet prèviament i s'inverteix el camí, coneixent la força màxima, 6000 N, i el pes aplicat al mecanisme es troba quina inclinació és la mínima que ha de tenir el pistó al treballar perquè la força necessària no superi el seu límit.

Un cop conegut l'angle necessari s'anirà al mecanisme de la cadira i s'analitzarà on es poden aplicar aquestes modificacions per tal de variar el mínim el conjunt.

Recordant els resultats obtinguts, hi han dos, dels quatre mecanismes, que fan treballar el pistó per sobre el seu límit, aquests són el Respatller i la Tisora.

4.1 Respatller

En les primeres etapes de la rotació del mecanisme es supera la força màxima, arribant als 7500 N, en aquest cas la inclinació és de 0°.

Al calcular l'angle mínim utilitzant l'equació (1.7) del mecanisme s'obté:

Taula 6: Angle mínim pistó respatller

F(N)	P(kg)	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$
6000	135	0	2.25

Aquest és l'angle límit que fa que el mecanisme treballi a 6000 N.

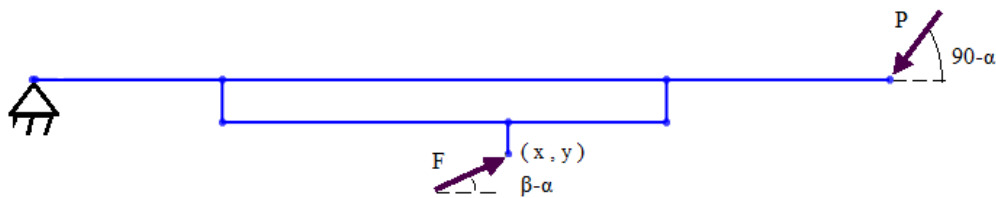


Figura 23: Modificacions respall

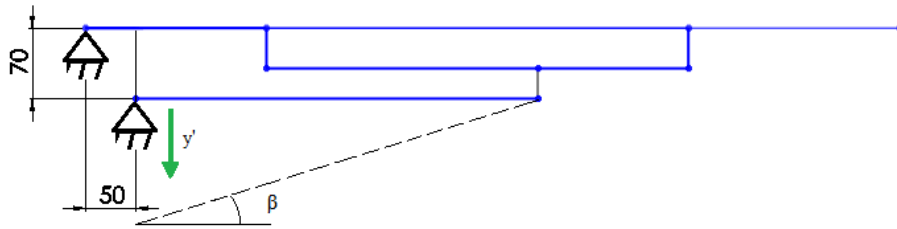


Figura 24: Modificacions respall 2

Per aconseguir que l'angle β sigui 2.25° en el cas extrem i no superar els 6000 N, s'haurà de baixar el punt d'unió del pistó amb la bancada 17mm com a mínim. En total es disposa 100mm de marge per poder-lo desplaçar, així que el que es farà serà aprofitar aquest espai que tenim per guanyar el màxim d'angle possible i fer treballar el pistó el màxim de lluny del seu límit.

Per tant: $y'=100\text{mm}$

Es comprova que el pistó pot introduir-se i fer tot el recorregut:

- Posició inicial: 432 mm
- Posició final: 640 mm

La cursa del pistó és correcta.

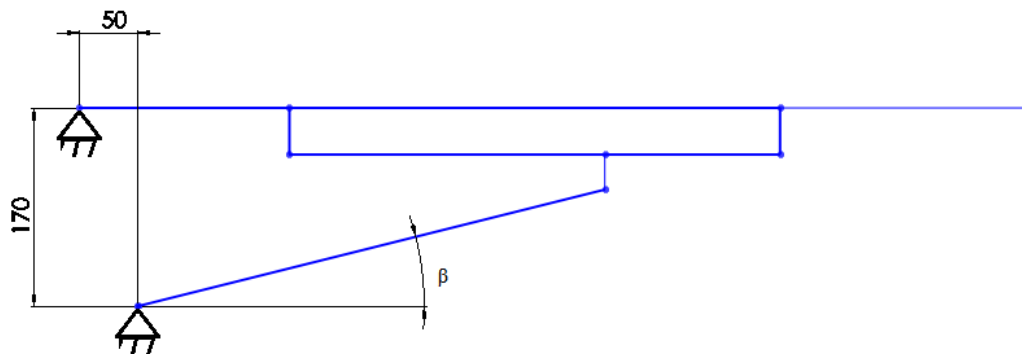


Figura 25: Modificacions respall 3

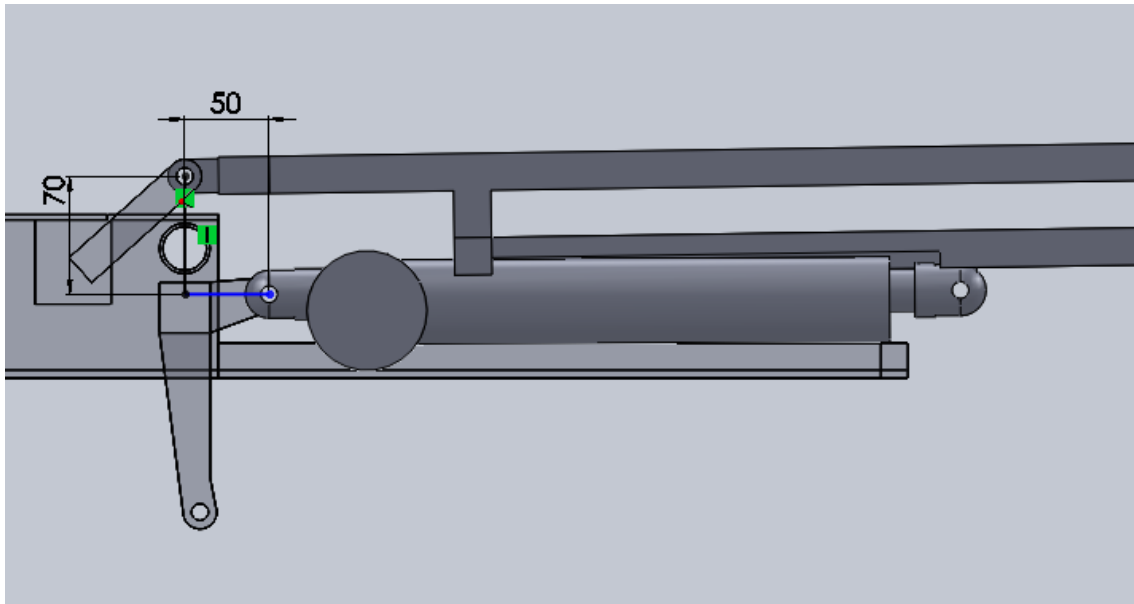


Figura 26: Posició inicial pistó respatller

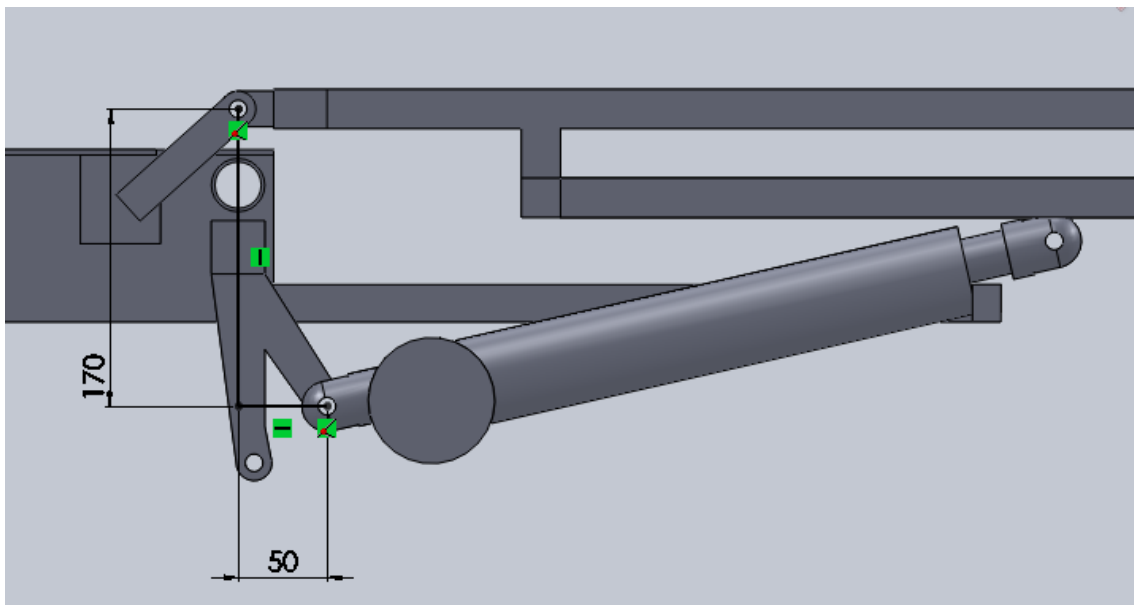


Figura 27: Posició modificada pistó respatller

Així doncs s'utilitza el mateix mètode utilitzat en l'anàlisi del respatller, 3.1 Respatller, amb els nous paràmetres, per trobar els valors de força que es necessita que faci el pistó.

Taula 7: Resultats modificació mecanisme respatller

P(kg)	$\alpha(^{\circ})$	d(m)	x(mm)	y(mm)	$\beta(^{\circ})$	F(N)
135	0	0.4	470	-70	13.39	2993.9
135	10	0.4	475	12.7	23.26	2965.2
135	20	0.4	465.6	95	32.52	2924.4
135	30	0.4	442	174.4	41.3	2854.1
135	40	0.4	405	248.5	49.69	2739.9
135	50	0.4	355.7	315	57.78	2560.6
135	60	0.4	295.6	372	65.62	2289.5
135	70	0.4	226.5	417.7	73.28	1872.2
135	80	0.4	150.6	450.7	80.79	1202.9
135	90	0.4	70	470	88.21	0

Amb el canvi al punt d'unió a la bancada s'aconsegueix que el pistó hagi de treballar a 2/5 parts de la força inicial necessària. Força per sota dels 6000N que tenim com a màxim, així que s'ha aconseguit l'objectiu.

4.2 Tisora

En les posicions més baixes de la tisora, és on s'observa que es supera el límit dels 6000N dels nostres pistons, arribant a necessitar 7400 N. En aquesta posició l'angle que forma l'actuador és de $19,23^{\circ}$. Així que es buscarà com es pot moure el pistó per aconseguir reduir la força màxima.

Es calcula l'angle mínim utilitzant l'equació (2.16).

Taula 8: Angles mínim pistó tisora

F(N)	P(kg)	$\beta(^{\circ})$	$\alpha(^{\circ})$
6000	250	8.58	24

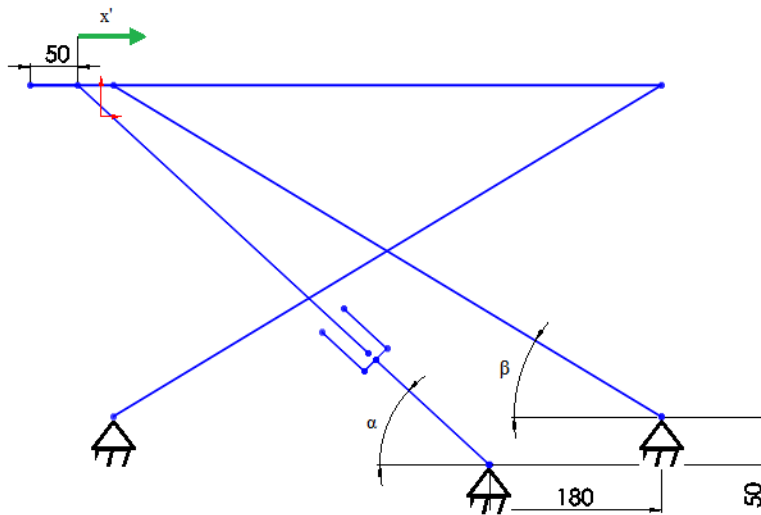


Figura 28: Modificacions tisora

Aconseguir l'angle de 24° suposaria moure el punt d'unió 100mm horitzontalment (x').

El problema que hi ha al intentar aplicar el canvi és que el pistó al muntar-se ja es troba recollit del tot (420mm) i si es vol augmentar l'angle s'haurà de desplaçar verticalment, a més d'horitzontalment, la posició del punt d'unió i això provocarà que es perdi recorregut.

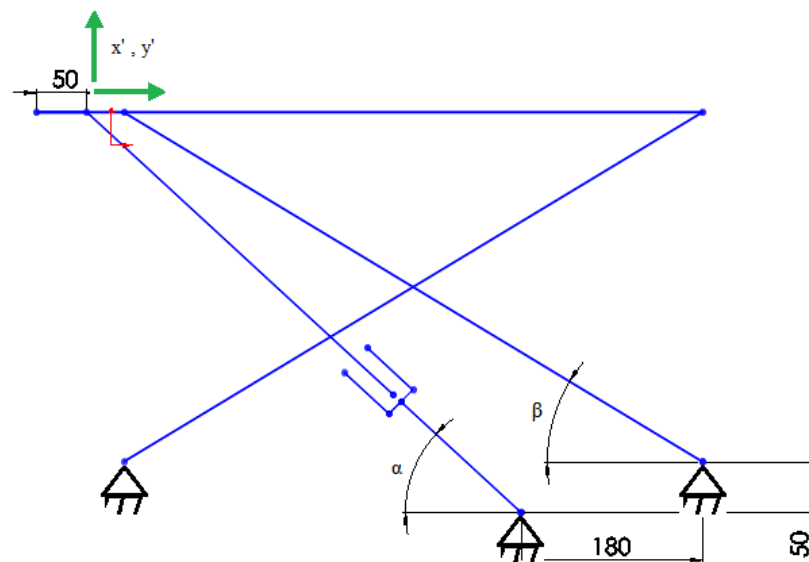


Figura 29: Modificacions tisora 2

És per això que es van proposar diverses opcions a l'empresa amb diferents pèrdues d'alçada perquè decidissin. Ja que un dels requeriments de la cadira-llitera és que sigui capaç d'eleva-se fins a 900mm.

Taula 9: Propostes

en mm	$\alpha(^{\circ})$	altura màx. (terra)
opció inicial	19°	900
opció 1 (proposada)	25°	870
opció 2	22°	885
opció 3	21°	890
opció 4	20°	895

La nostra proposta (opció 1) va ser perdre l'alçada però fer treballar el pistó per sota del seu límit i compensar la pèrdua d'altura amb un coixí més gruixut al seient. Es fan els càlculs amb 25° perquè tot i suposar una pèrdua un pèl més gran d'alçada no es vol apurar als 6000N.

El final l'empresa hi va estar d'acord i s'aplica aquesta opció .

Així que amb l'allargada de 420mm, es desplaça el pistó des de la seva posició inicial fins la posició que dona l'angle de 25° i allà i es fa arribar la unió.

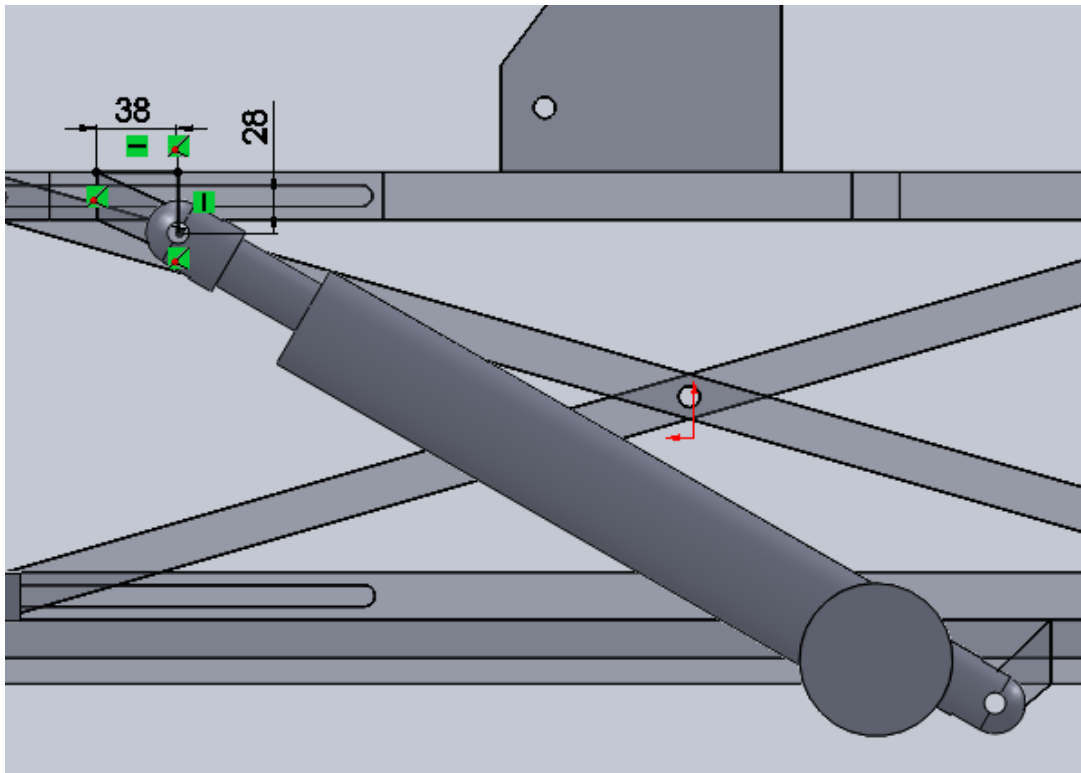


Figura 30: Posició inicial del pistó tisora

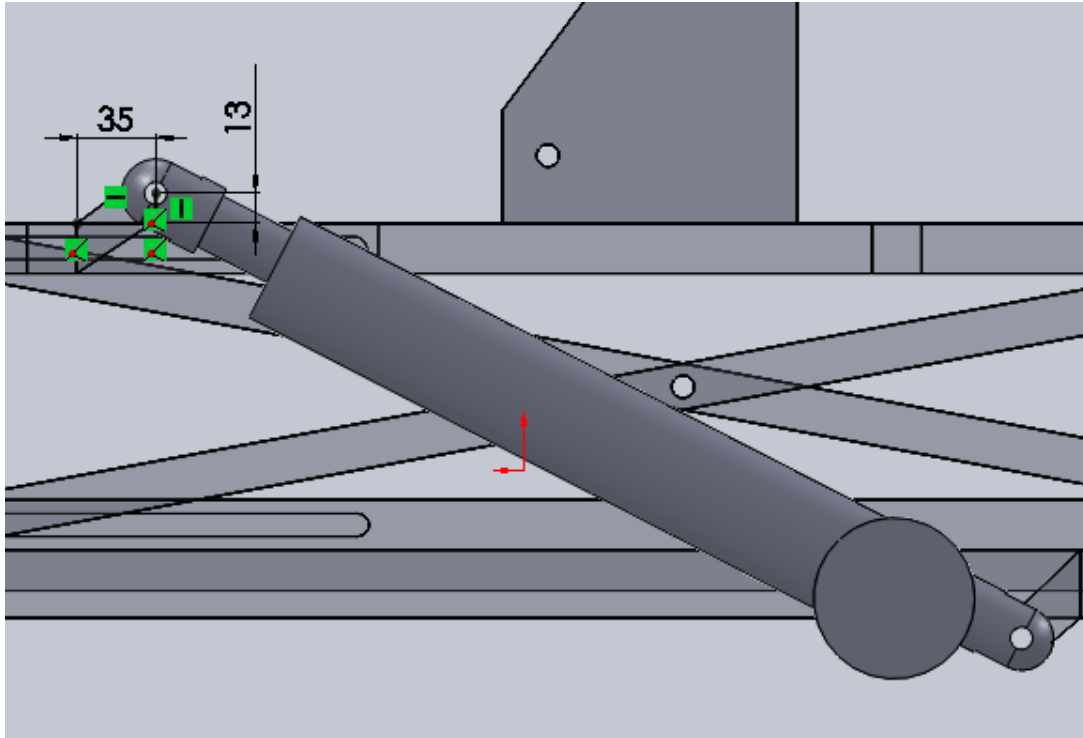


Figura 31 Posició final del pistó tisora

Així s'aconsegueix la inclinació adequada per assegurar que no es supera la força màxima i repetint els passos seguits en l'apartat d'anàlisi del mecanisme, 3.2 Tisora, amb els nous valors d'angle es troba la força que es necessita.

Taula 10: Resultats millora reposapeus

P(kg)	y(mm)	$\beta(^{\circ})$	x(mm)	$\alpha(^{\circ})$	F(N)
250	100	8.58	662	25	5800
250	150	12.94	652.99	30.2	4876
250	200	17.37	639	35.1	4264
250	250	21.91	621.61	39.5	3856
250	300	26.6	599	43.4	3569
250	350	31.49	571.31	46.8	3364
250	410	37.73	530	50.44	3181

4.3 Conjunt

Fins ara tots els canvis exposats són fent referència als mecanismes individualment, quan s'agafen els canvis i introdueixen al conjunt de la cadira sorgeixen problemes d'espai. En aquest apartat s'intentarà solucionar aquest problemes.

Quan s'incorpora la millora del mecanisme de la tisora no entre en conflicte amb cap barra del conjunt, però al incorporar el mecanisme del respatllet ens topa amb el mecanisme d'incorporació, això comporta un re-disseny de la distribució.

Inicialment hi ha el mecanisme respatller i el d'incorporació totalment centrats i el mecanisme de reposapeus descentrat 40mm.

Per poder fer els canvis del mecanisme del respatller es descentra el mecanisme de incorporació, ja que és el que pateix menys dels dos. Amb aquest canvi s'aconsegueix mantenir el conjunt del respatller centrat i a més a més es col·loca el mecanisme del reposapeus centrat.

Taula 11: Ubicació pistons després de les millores

Pistó	Inicialment	Ara
Respatller	Centrat	Centrat
Incorporació	Centrat	35 mm a l'esquerra
Reposapeus	40mm a l'esquerra	Centrat

També s'ha mogut la posició del bloc de control al pistó de la tisora. Que hi ha molt més espai.

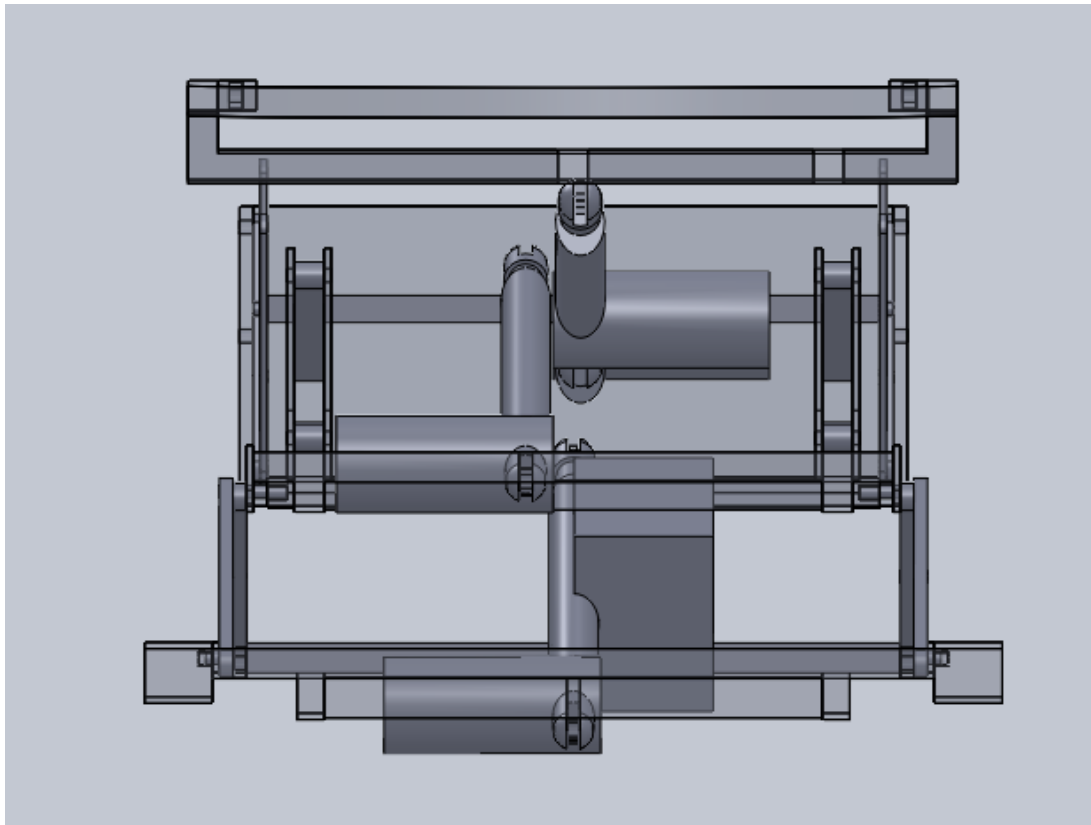


Figura 32: Perfil amb els pistons modificats

Així s'acaba la modificació dels mecanismes. Per aconseguir que la cadira compleixi els requeriments que se li demanaven i es comenci a comercialitzar el més aviat possible.

5. Millores

En aquest apartat es proposaran canvis a la cadira-llitera que la puguin millorar o que facin funcionar millor els mecanisme i que després l'empresa valori si convé estudiar aquestes possibilitats.

Es treballarà sense les limitacions que posa l'empresa amb els pistons i es calcularà quin actuador seria l'indicat per posar al mecanisme de la tisora i així aconseguir que tots els mecanismes puguin complir els requeriments.

També s'inclourà una funcionalitat al sistema del reposapeus per millorar l'adaptabilitat de la cadira-llitera.

5.1 Tisora

Amb els primers canvis en el mecanisme s'aconsegueix que treballi dins el límits del pistó però això comporta una pèrdua d'alçada final. Aquest fet fa que no es compleixin el requeriment de 900mm d'alçada mínima com a elevació màxima.

Si es manté la posició vertical del punt d'unió superior del pistó i només es desplaça en horitzontal desapareix el problema de la perduda d'alçada.

Per aconseguir-ho, primer es mira quina longitud ha de tenir el pistó.

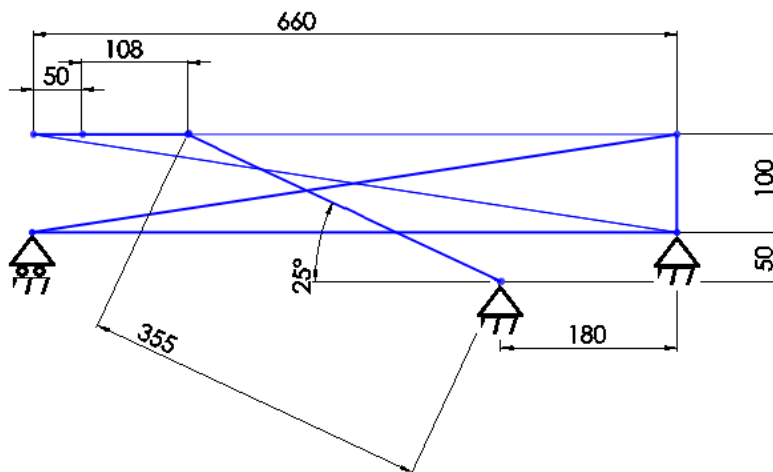


Figura 33: Millora posició inicial

Es necessita un pistó que recollit faci 355mm d'allargada. Ara falta saber quin recorregut ha de tenir i si es possible. Això ho es descobreix veient la longitud necessària quan el mecanisme està del tot desplegat.

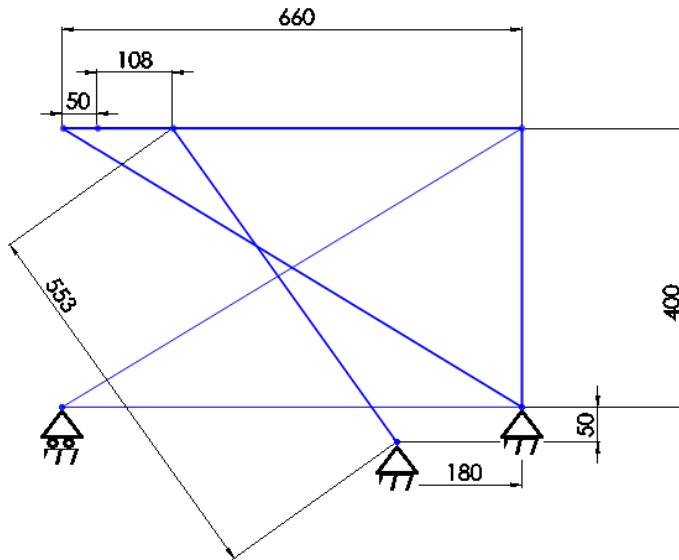


Figura 34: Millora posició final

Així doncs es necessita un pistó de 335mm d'allargada amb una cursa suficient per allargar-se fins a 553mm.

L'actuador ha de tenir una cursa, com a mínim, de 198mm. Els pistons Megamat 2 tenen una longitud mínima de 163mm + cursa així que s'ha de buscar un altre model dins la mateixa casa o d'una altra marca.

Com que s'ha mantingut el mateix angle, de 25° , que en l'apartat 4.2 Modificacions de la tisora es necessita que el nou pistó pugui desenvolupar la mateixa força que en a la taula 10.

5.2 Reposapeus

Com ja s'ha comentat a aquest mecanisme s'hi afegirà funcionalitat. L'objectiu d'aquest és poder aguantar el pes de les cames i així permetre l'usuari estirar-se completament o simplement aixecar els peus.

El problema és que trobem és que la posició de la plataforma del mecanisme és fixa i no pot ser modificada. Si som un usuari d'estatura petita com podria ser un nen o la nostra estatura està per sobre la mitjana ens podem trobar incòmodes al utilitzar el reposapeus. Així que el que es farà serà afegir una mecanisme que permeti variar la posició de la plataforma del mecanisme.

El que es farà serà instal·lar un parell d'actuadors lineals d'aquest estil, veure figura 35, que permetin aquest desplaçament endavant o endarrere perquè s'adapti a la estatura de la persona.

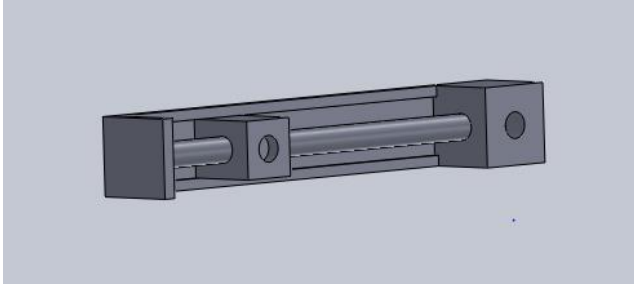


Figura 35: Actuador lineal

El mecanisme s'adaptarà dins de la mateixa peça del reposapeus, com veiem en la figura 36.

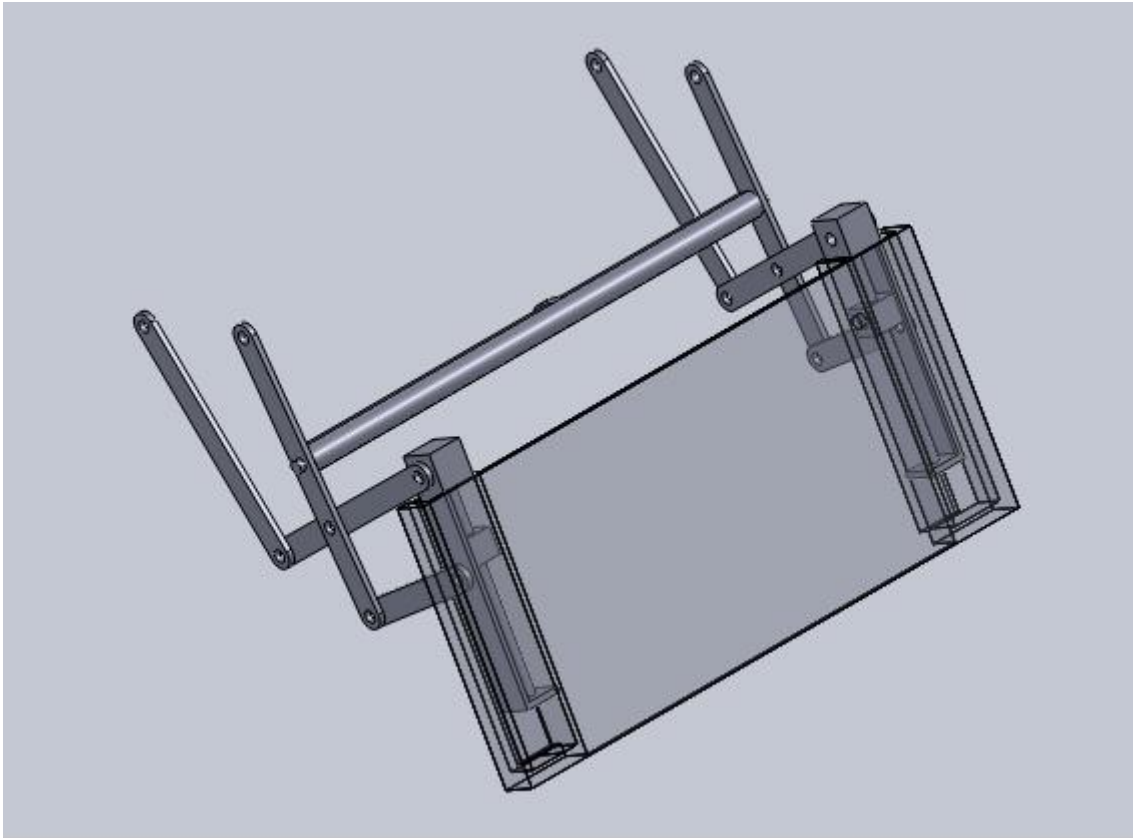


Figura 36: Millora reposapeus

S'haurà de posar són 2 guies a la plataforma per on passarien els actuadors per assegurar que el moviment només sigui lineal.

Per veure més imatges dirigir-se a l'annex A.

6. Pressupost de l'estudi

En aquest apartat s'exposarà el cost que comporta l'execució d'aquest estudi i la seva redacció. Es reflectirà la mà d'obra i els fungibles (10% del cost horari) , l'amortització dels béns utilitzats per elaborar el projecte, els costos indirectes i els impostos.

Taula 12: Despeses personals

Descripció	Hores	€/h	Import
Enginyer projectista	170	30	5.100,00 €
Fungibles	170	3	510,00 €

Taula 13: Amortitzacions

Descripció	Cost	Amortització	Import
Hardware	1.050,00 €	10%	105,00 €
Softwares	7.500,00 €	15%	1.125,00 €

El total de la suma de conceptes dona:

Taula 14: Resum pressupost

Descripció		Import
Partida Personal		6.840,00 €
Costos indirectes (14%)		957,60 €
	Subtotal	7.797,60 €
Impostos (21% IVA)		1.637,50 €
Cost total de l'estudi		9.435,10 €

El pressupost d'execució d'aquest estudi suma la quantitat de NOU MIL QUATRE-CENTS TRENTA-CINC AMB DEU CÈNTIMS **(9.435,10 €)** .

7. Projectes futurs

Aquest projecte només es tracta d'una etapa dins de la vida de la cadira-llitera. Aquí hem fet que pugui avançar un pas més en la vida d'un producte.

El següent pas, un cop s'ha modificat el prototip i és comprova que compleixi tots els requisits, és la projecció d'uns plànols on quedi tota la cadira reflectida al detall. Així és pugui començar la seva producció i pugui sortir a la venda.

També necessitaria un estudi de planificació de processos productius, on es decidís quin material s'utilitza, de quina manera es conformen les estructures i les barres i com s'uniran entre elles, tot valorant els cost i el material en que es construirà.

Sortint del camp de la enginyeria i entrant el de la publicitat i economia, caldria fer un estudi de mercat, donar a conèixer el producte a les persones que ho puguin necessitar-lo o fer campanya a diferents centres hospitalaris perquè coneguin el producte.

8. Conclusions

Valorant els resultats que hem obtingut, hem pogut complir els objectius en general.

Hem aconseguit fer un correcte anàlisi de la cadira-llitera, hem aportat solucions perquè l'empresa pugui posar en marxa la fabricació de la cadira que era l'objectiu principal i hem donat noves propostes perquè s'estudiï i es valori.

Per altre banda si ens mirem els objectius individualment tenim algunes pegues. En solucionar els mecanismes algun dels requeriments s'ha incomplert i ho hem hagut de solucionar com hem pogut, és el cas de la pèrdua d'alçada en el mecanisme de la tisora, que amb les limitacions de l'empresa no s'ha pogut arreglar.

Just acabar el projecte l'empresa es va posar en contacte amb una indústria perquè es fessin els plànols i comences a produir la cadira tant ràpid com fos possible. Fet que em satisfà plenament.

La realització d'aquest projecte ens ha servit per consolidar conceptes apresos durant la carrera i també ens hem pogut introduir una mica en el món del disseny i càlcul de mecanismes, realment la part que m'agrada més de la enginyeria.

El fet de poder treballar pel parc tecnologia i per una altre empresa m'ha ajudat a formar-me com a persona i professional i a preparar-me pel món laboral.

9. Bibliografia

[1]Obtenció del documents tècnics dels pistons i caixa de control(<http://www.dewert.de/>)

[2]Roy M. (1970). *MECÁNICA I: Cuerpos rígidos (#1)*.París:Editorial Dunod

II – Annexos

A. Imatges de la cadira-llitera

A.1 Cadira-llitera inicial

A.1.1 Conjunt inicial

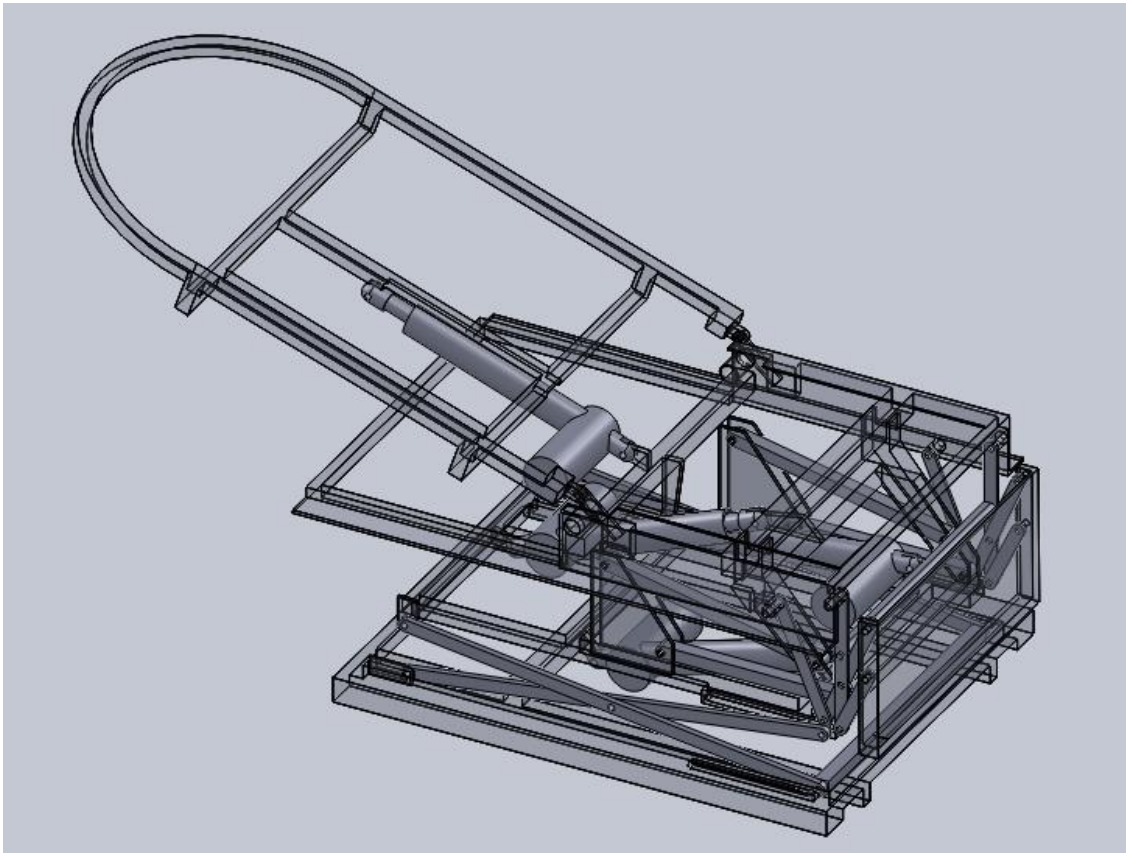


Figura 37: Perspectiva conjunt inicial

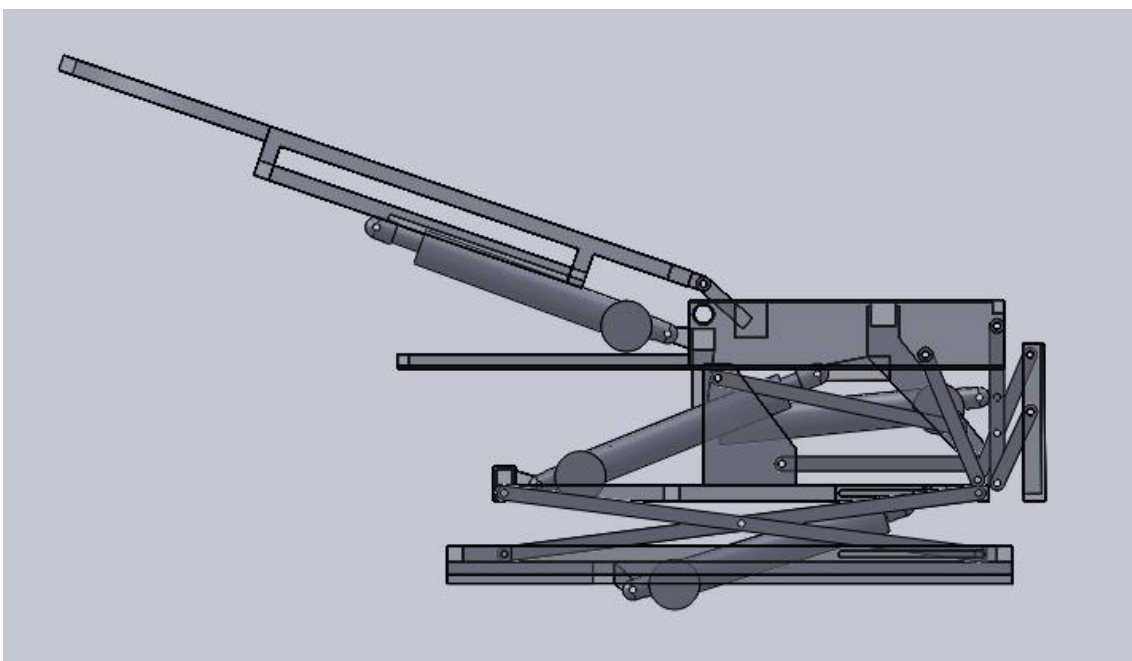


Figura 38: Alçat conjunt inicial

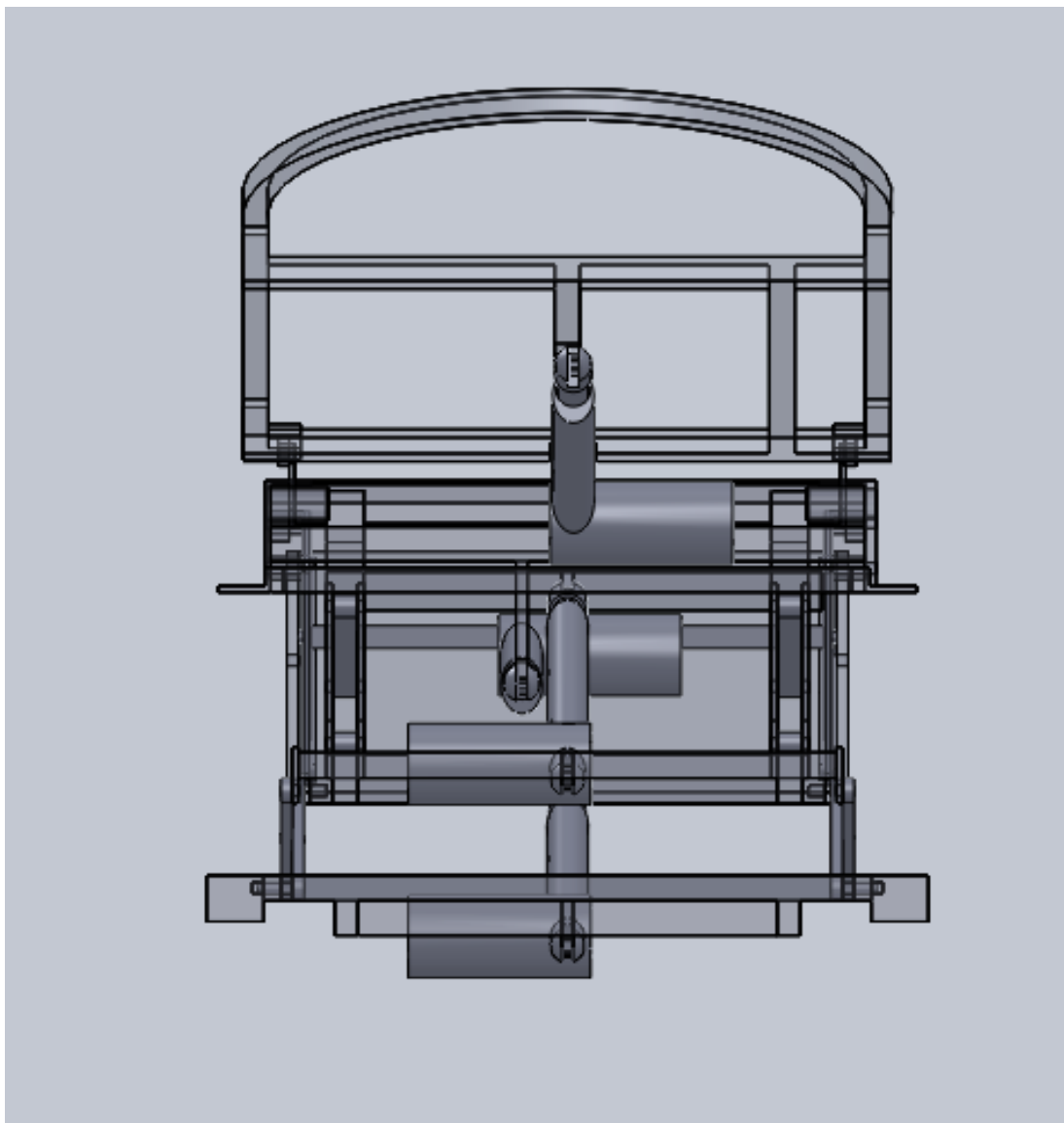


Figura 39: Perfil conjunt inicial

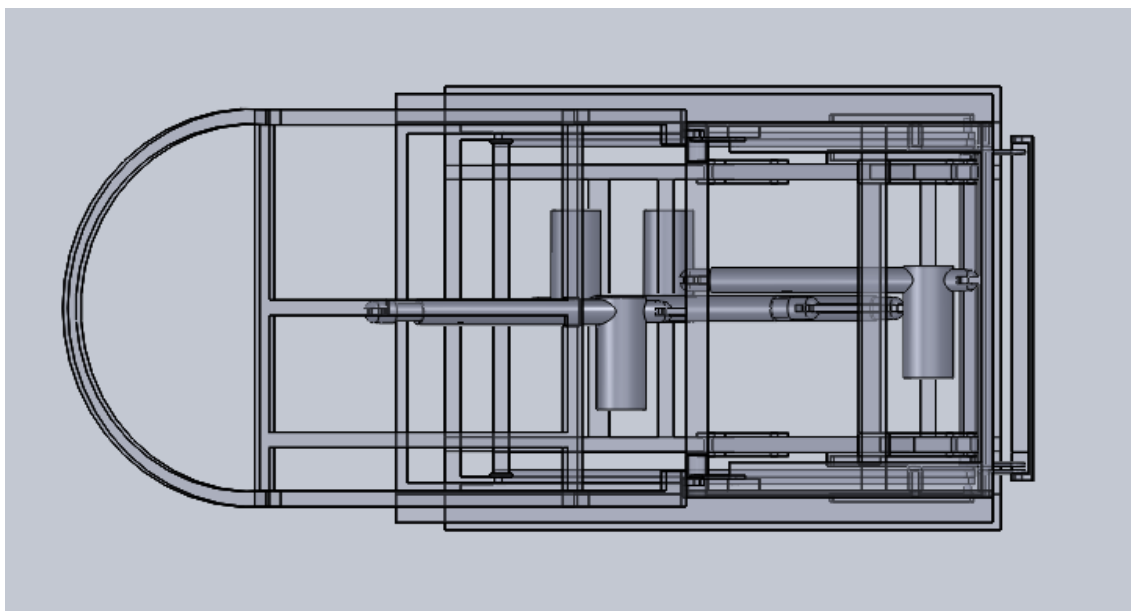


Figura 40: Planta conjunt inicial

A.1.2 Respatllers mecanisme inicial

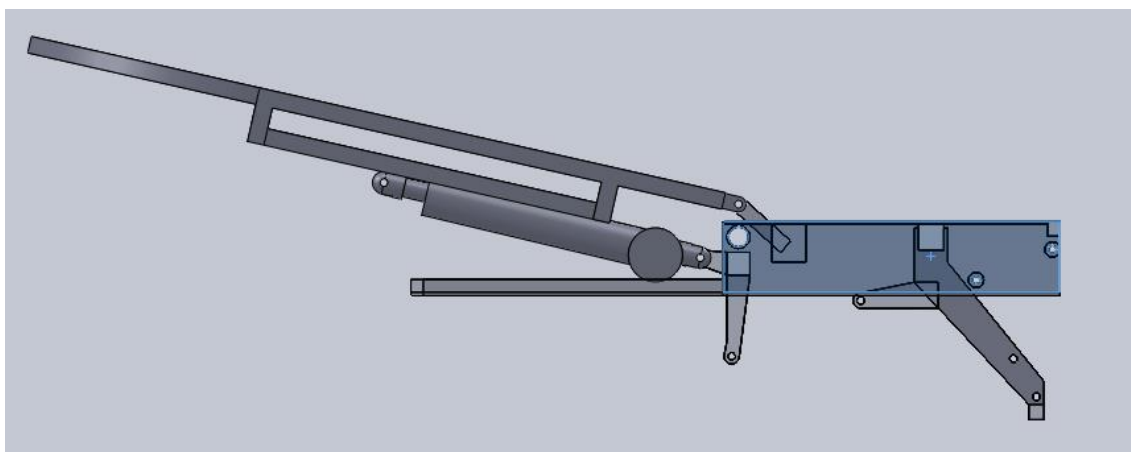


Figura 41: Alçat respatllers inicial

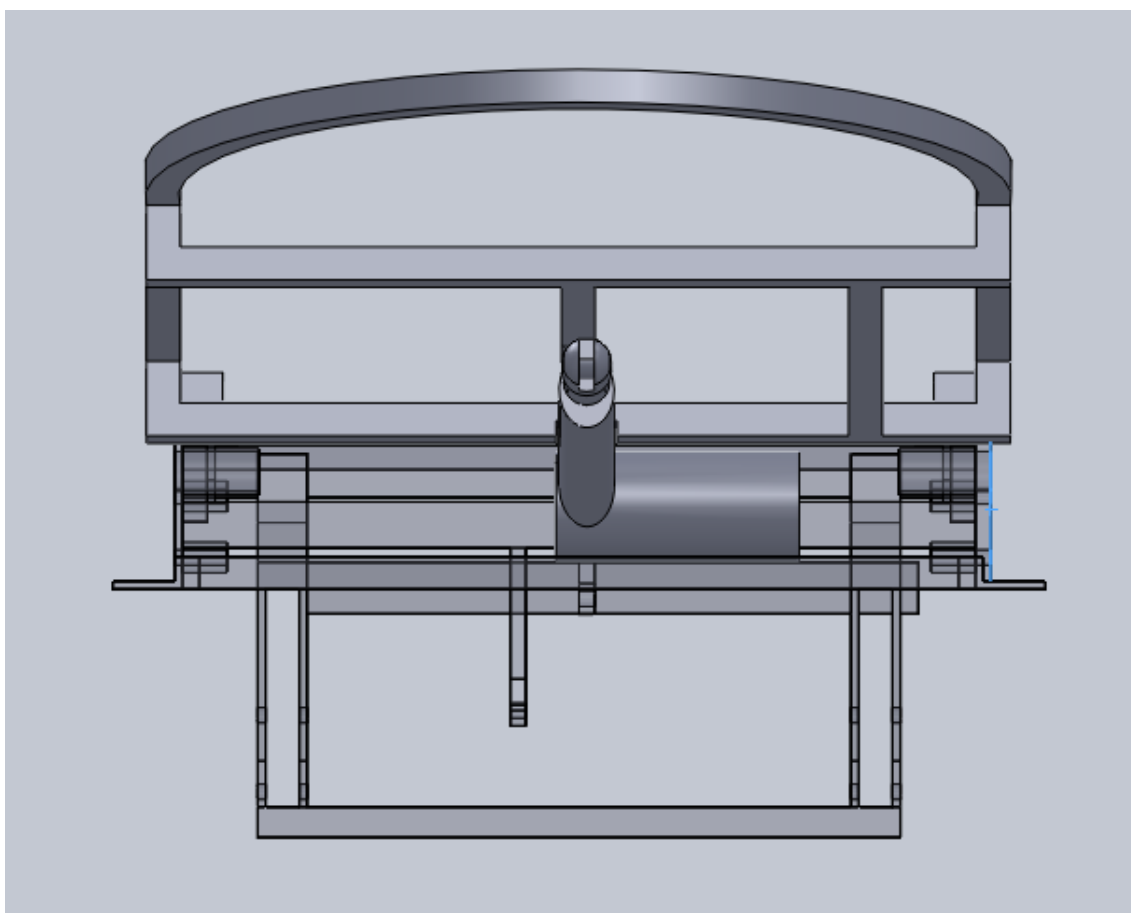


Figura 42: Perfil respatllers inicial

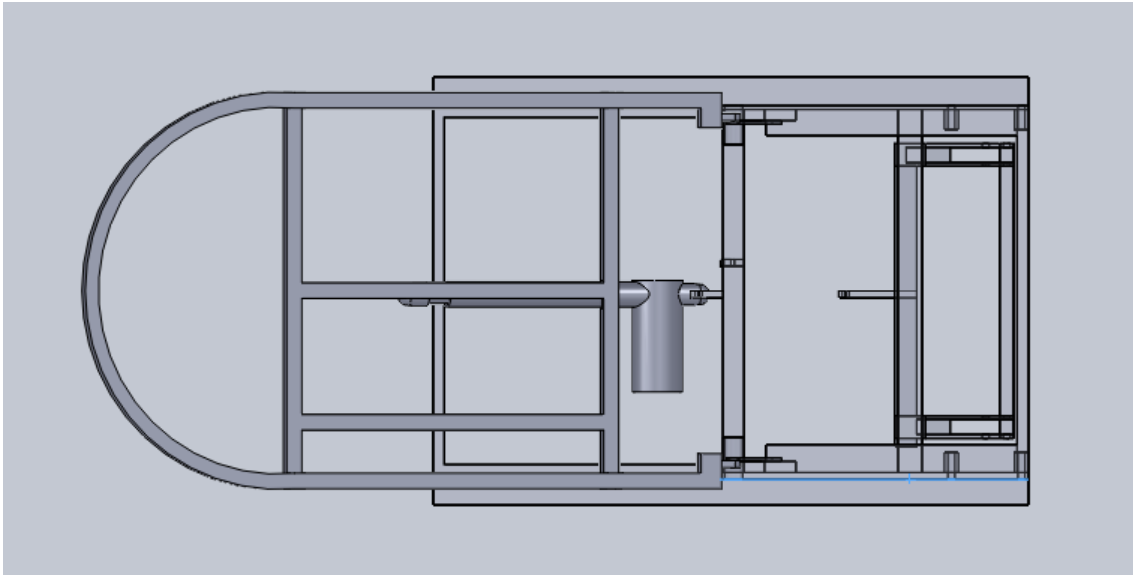


Figura 43:Planta respatller inicial

A.1.3 Tisora mecanisme inicial

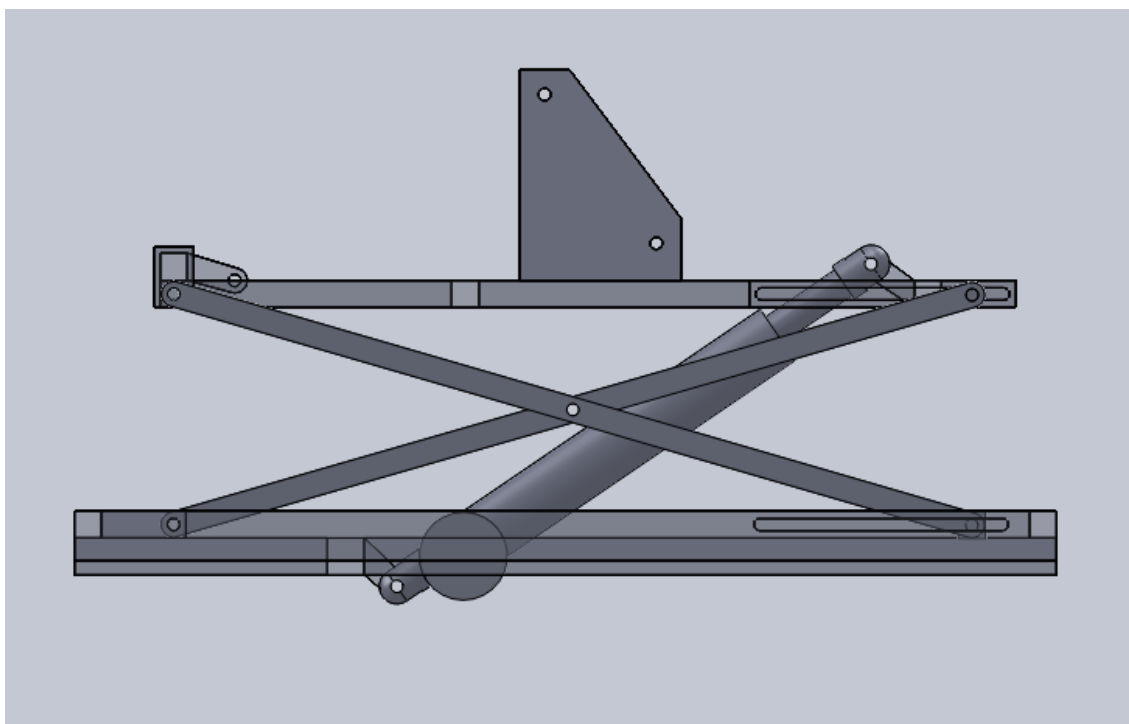


Figura 44:Alçat tisora inicial

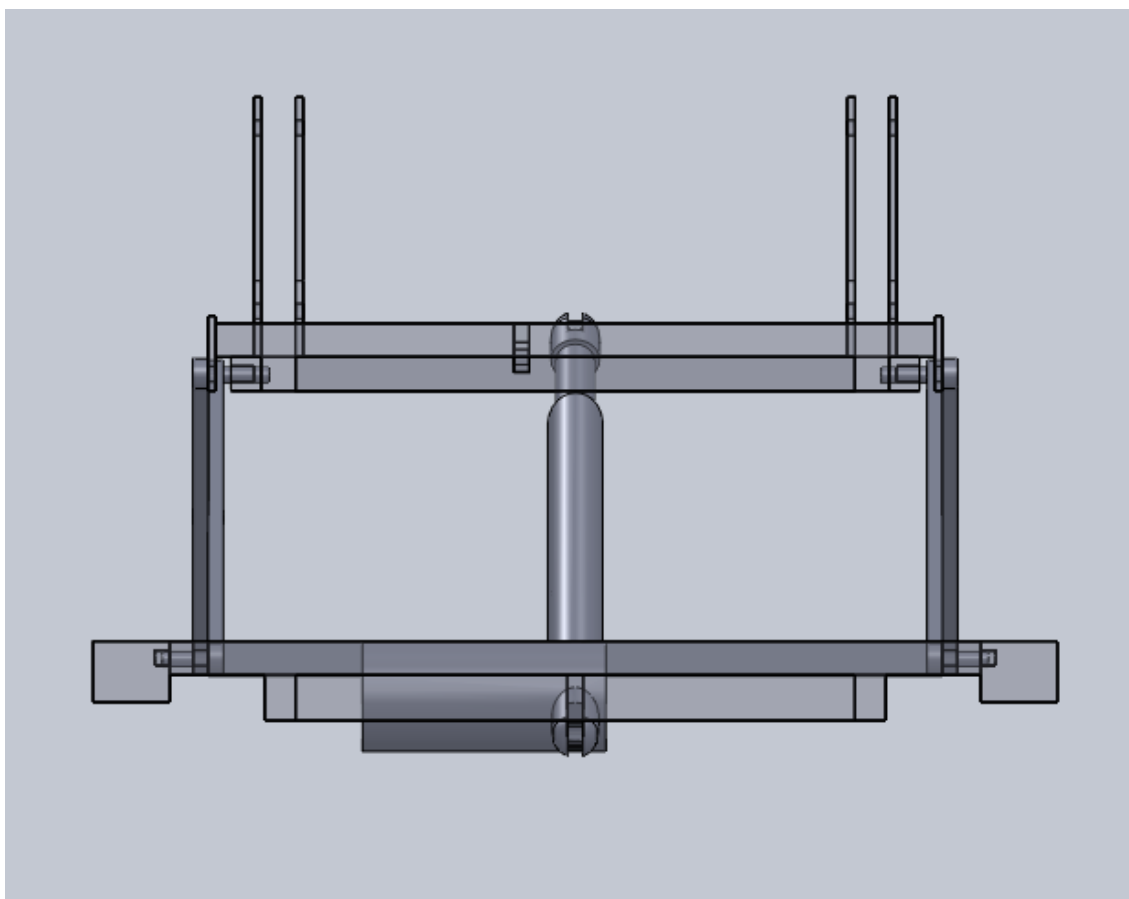


Figura 45:Perfil tisora inicial

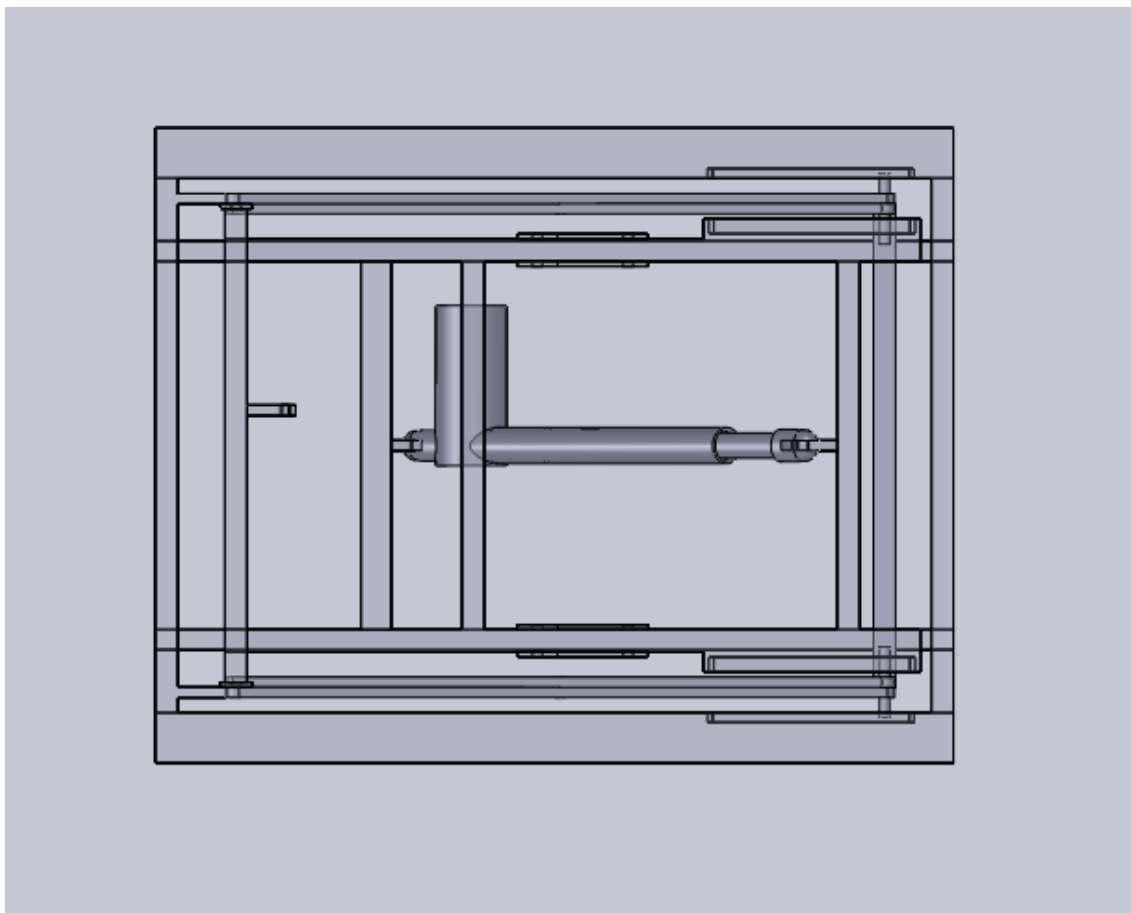


Figura 46:Planta tisora inicial

A.1.4 Incorporació mecanisme inicial

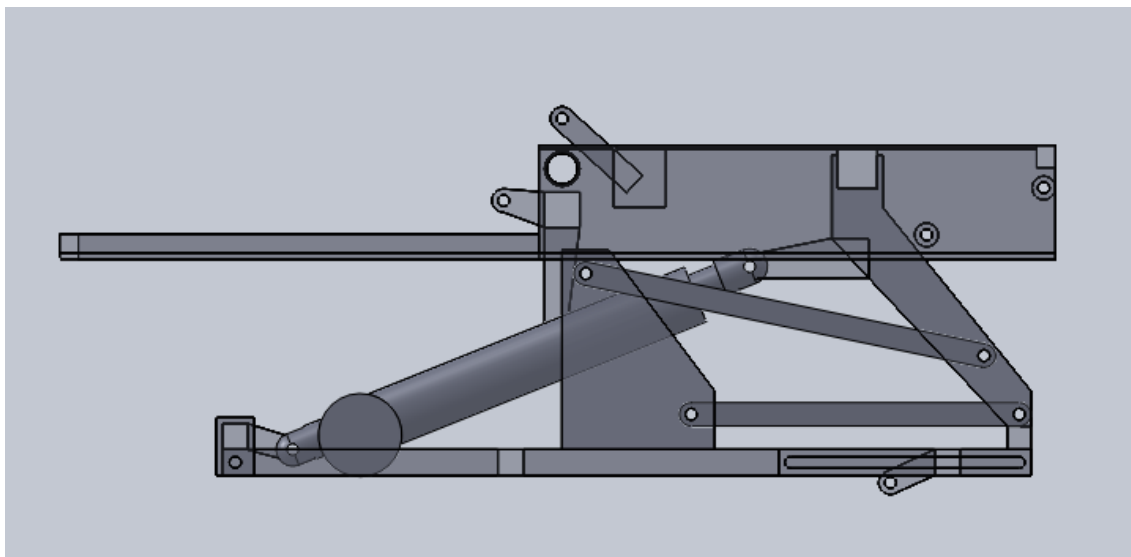


Figura 47:Alçat incorporació inicial

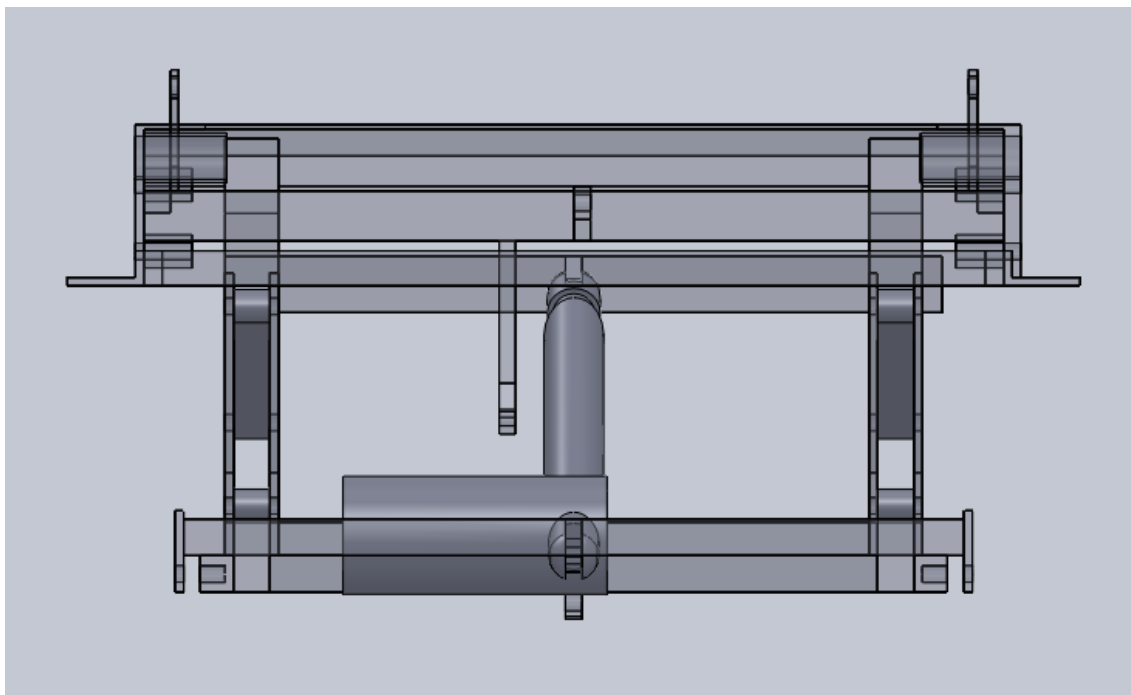


Figura 48: Perfil incorporació inicial

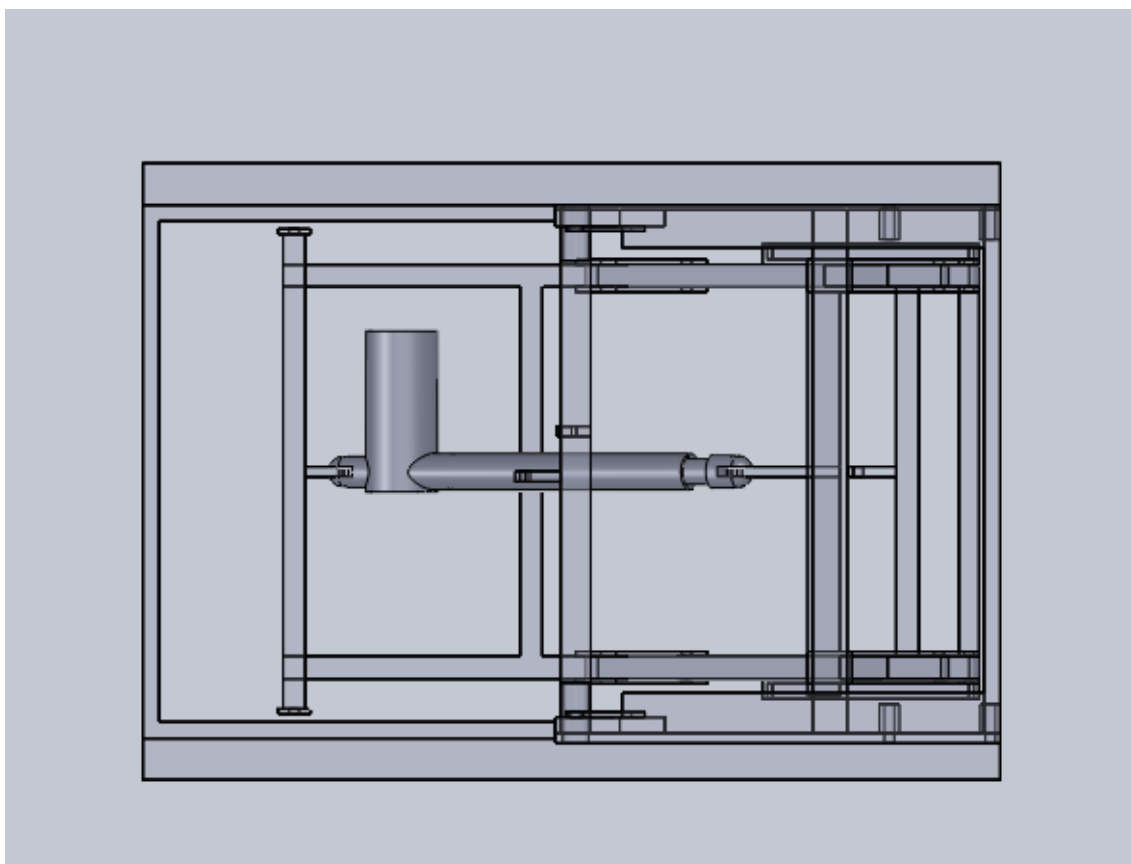


Figura 49: Planta incorporació inicial

A.1.5 Reposapeus mecanisme inicial

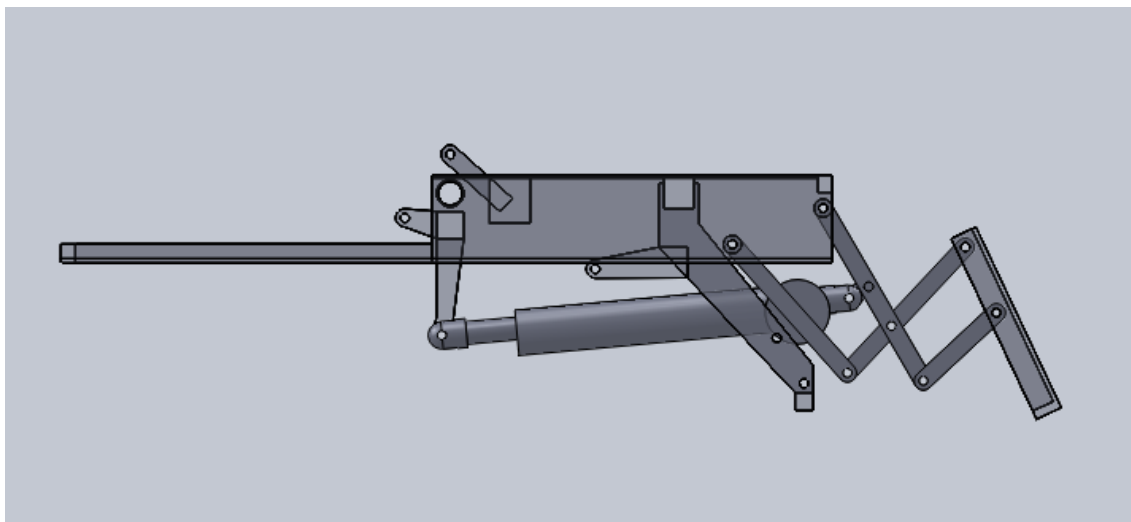


Figura 50:Alçat reposapeus inicial

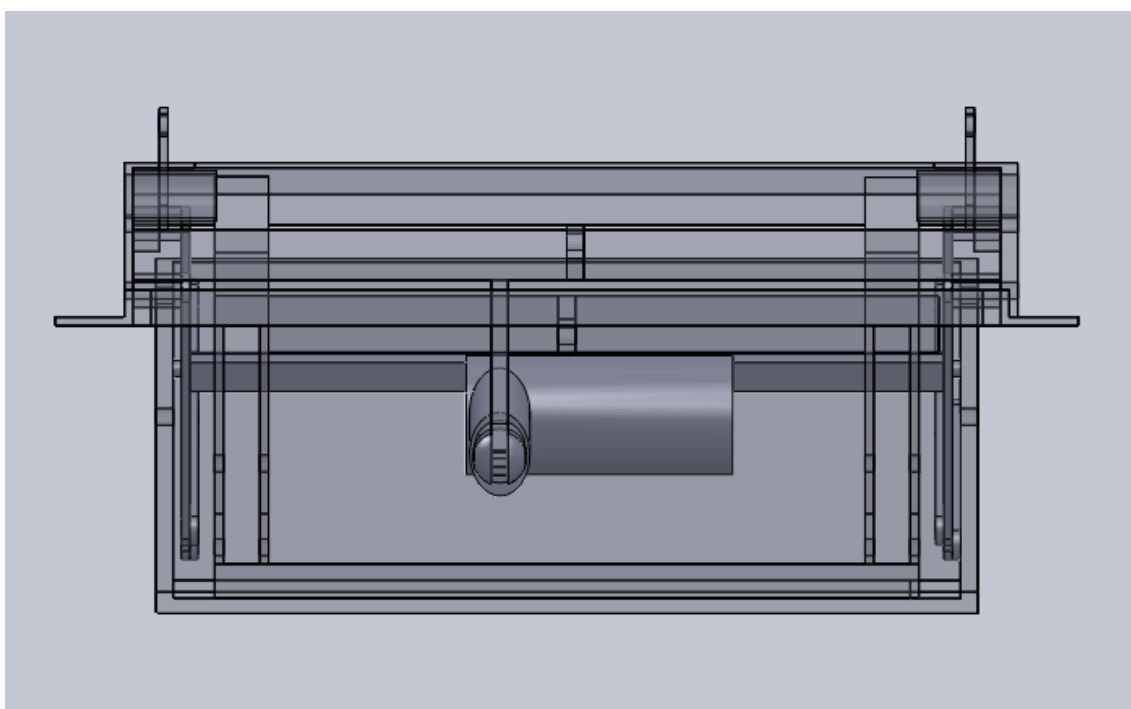


Figura 51:Perfil reposapeus inicial

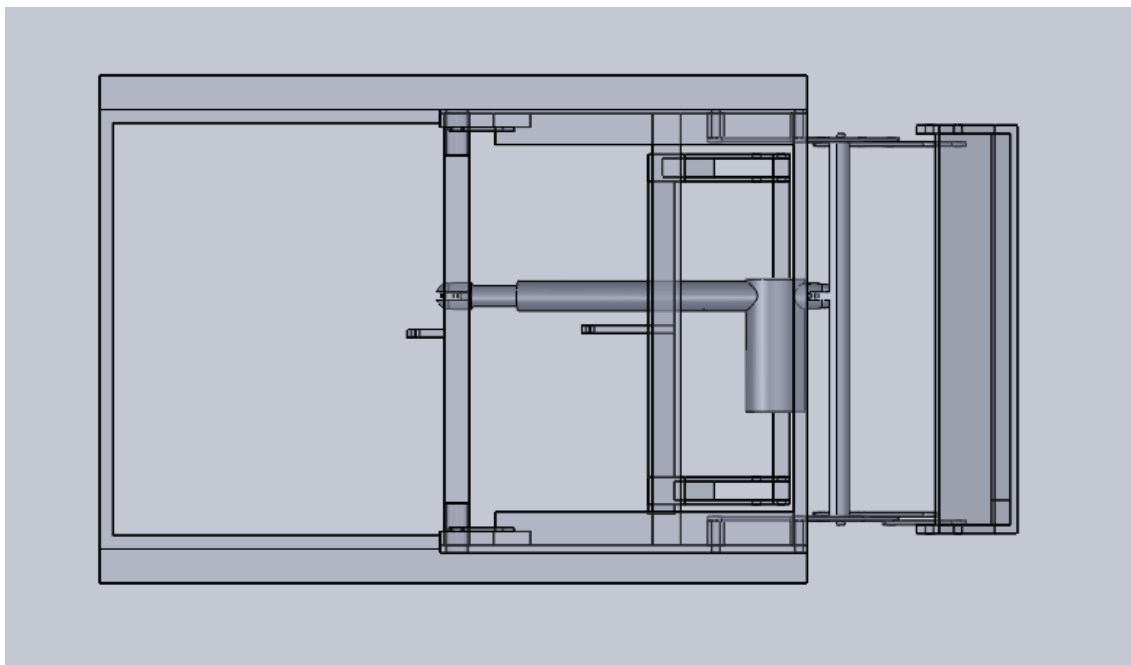


Figura 52:Planta reposapeus inicial

A.1.6 Caixa de control posició inicial

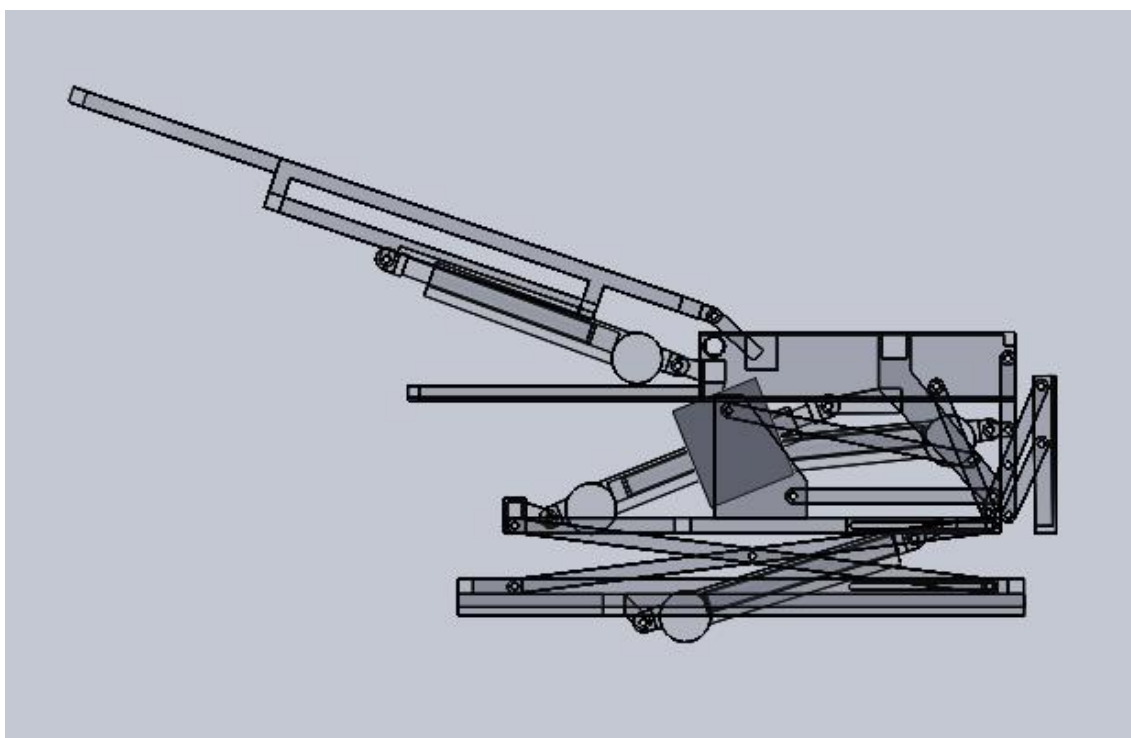


Figura 53: Alçat caixa de control inicial

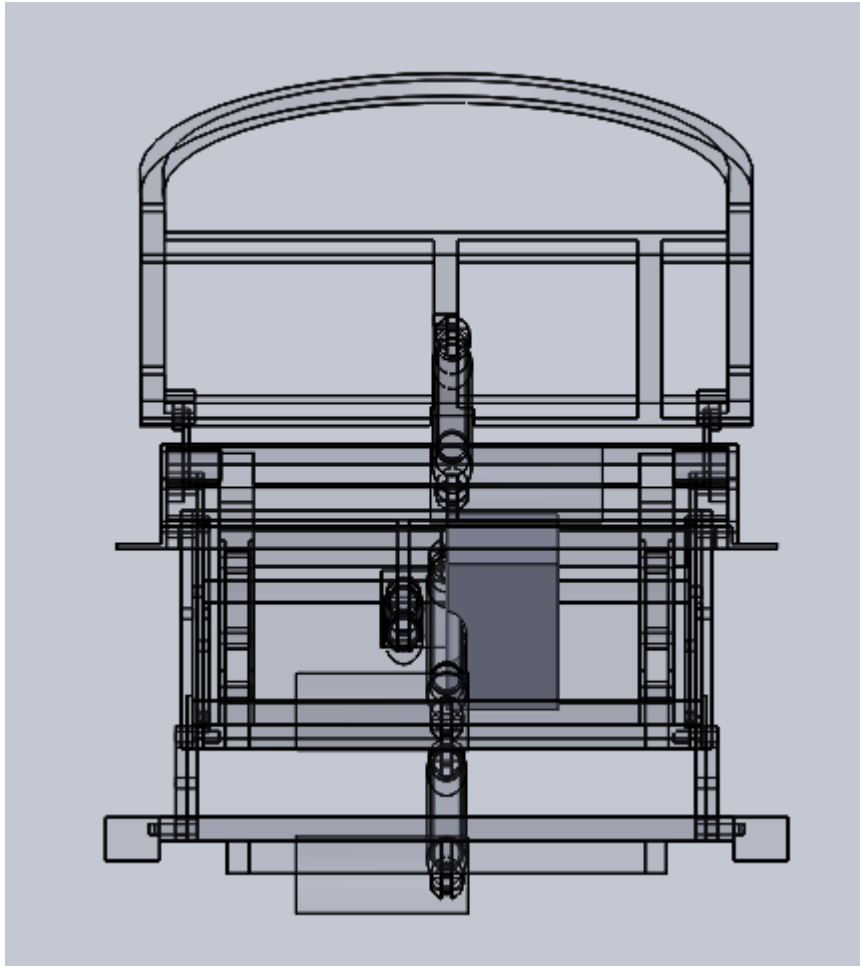


Figura 54: Perfil caixa de control inicial

A.2 Cadira-llitera modificada

A.2.1 Conjunt modificat

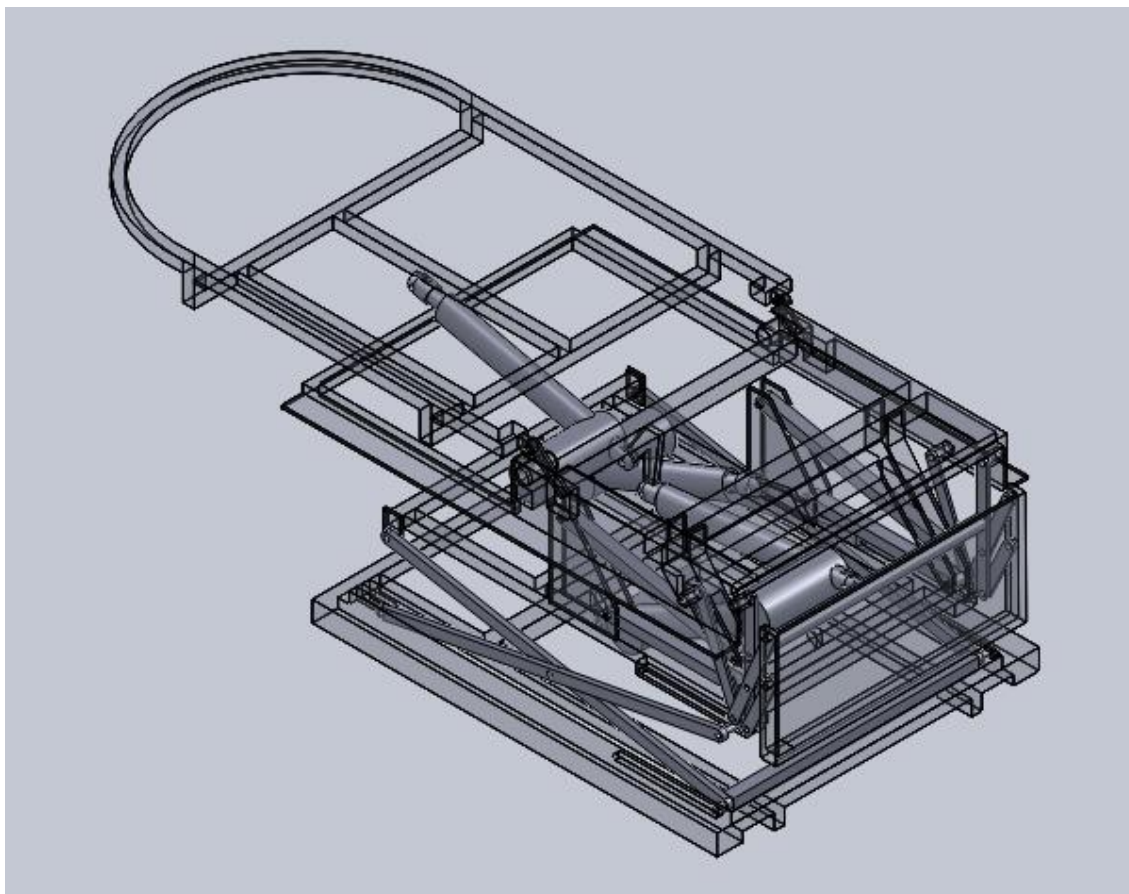


Figura 55: Perspectiva conjunt modificat

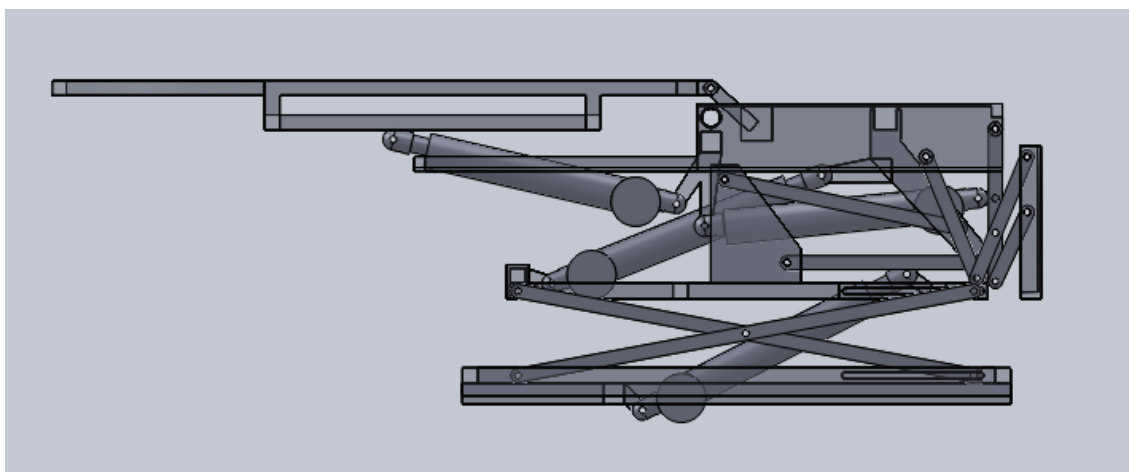


Figura 56: Alçat conjunt modificat

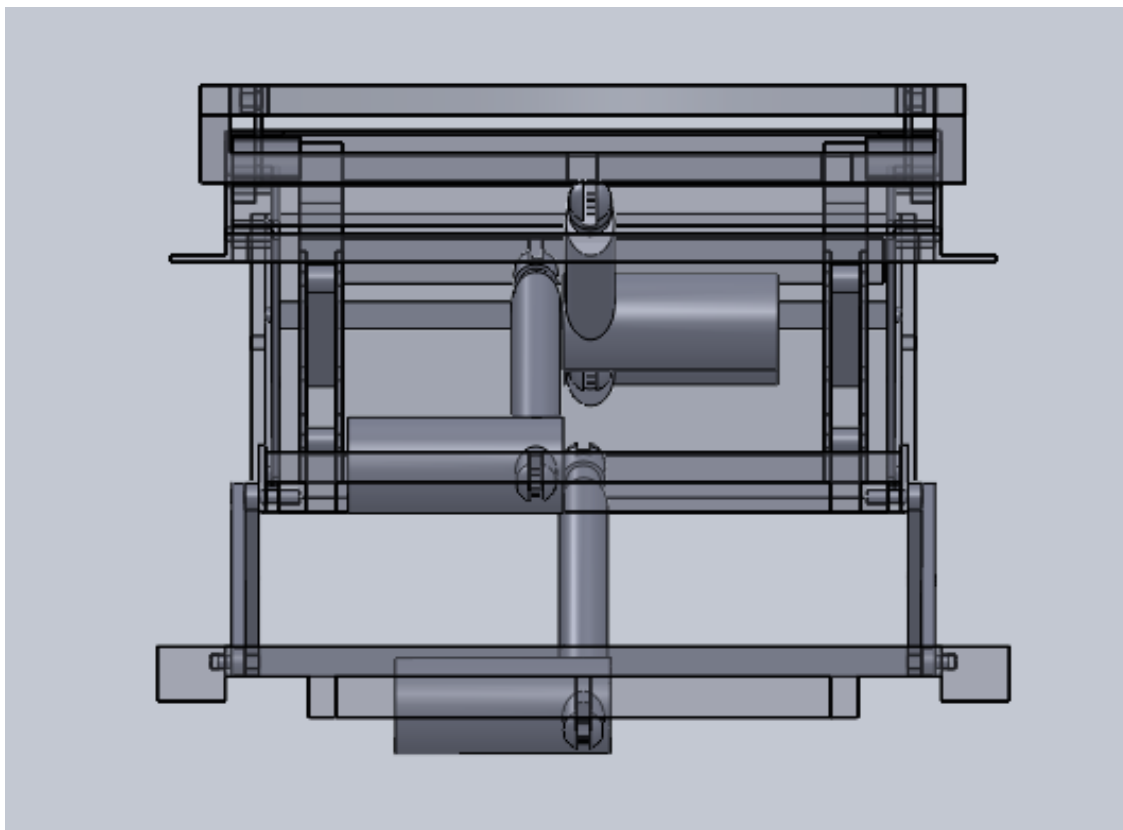


Figura 57: Perfil conjunt modificat

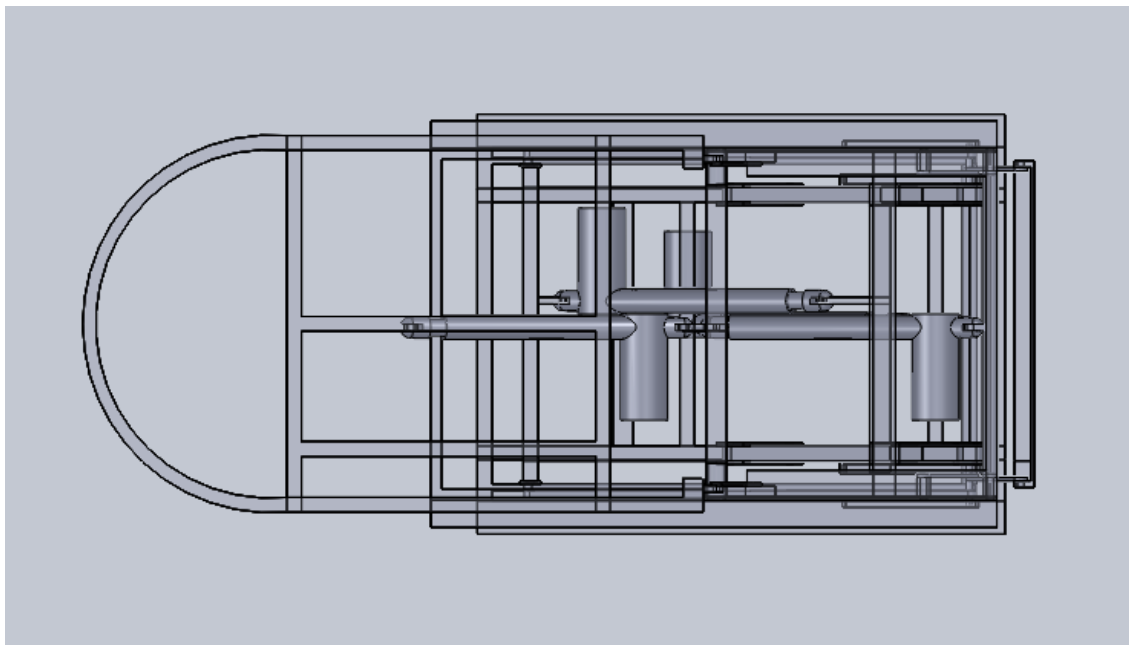


Figura 58: Planta conjunt modificat

A.2.2 Respatllers modificat

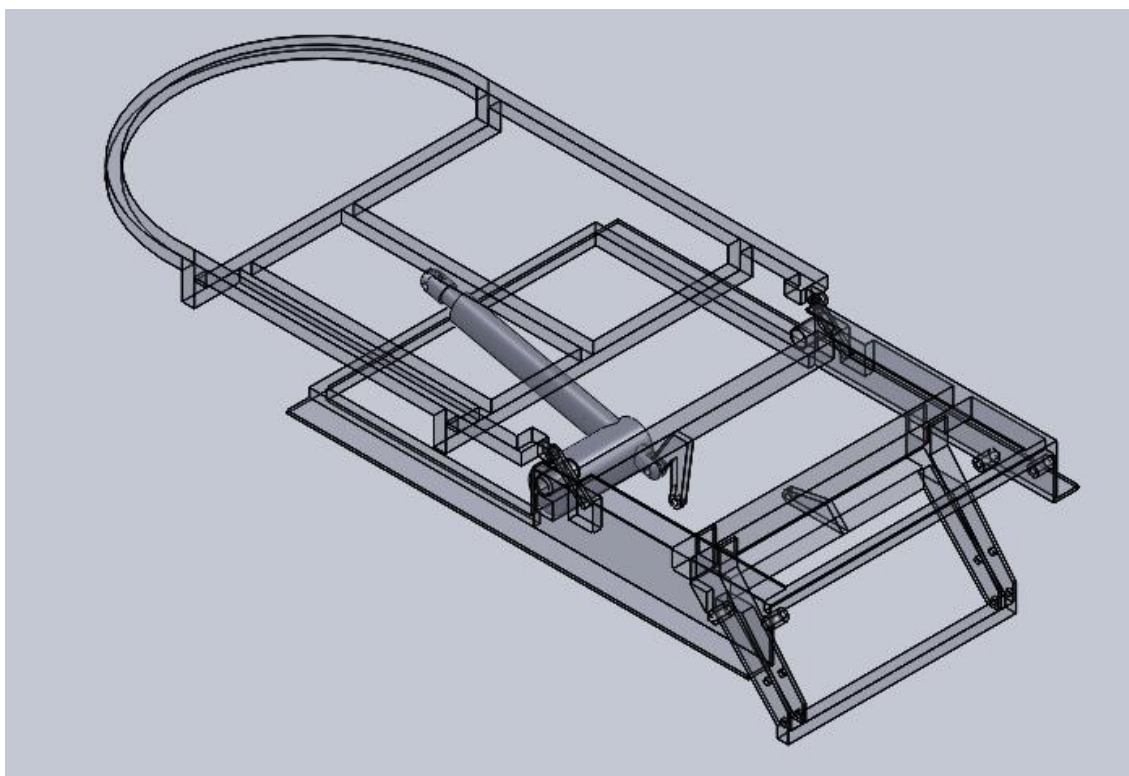


Figura 59: Perspectiva respatllers modificat

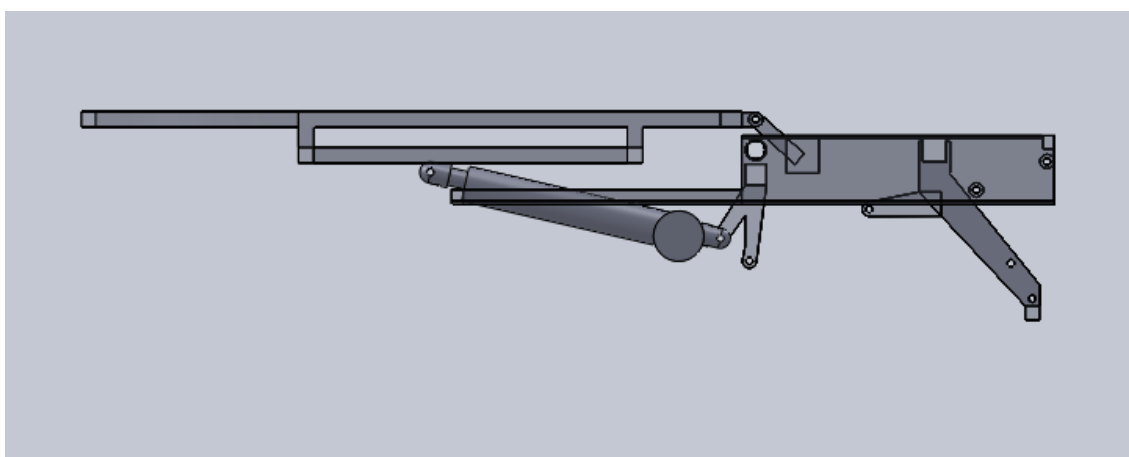


Figura 60: Alçat respatllers modificat

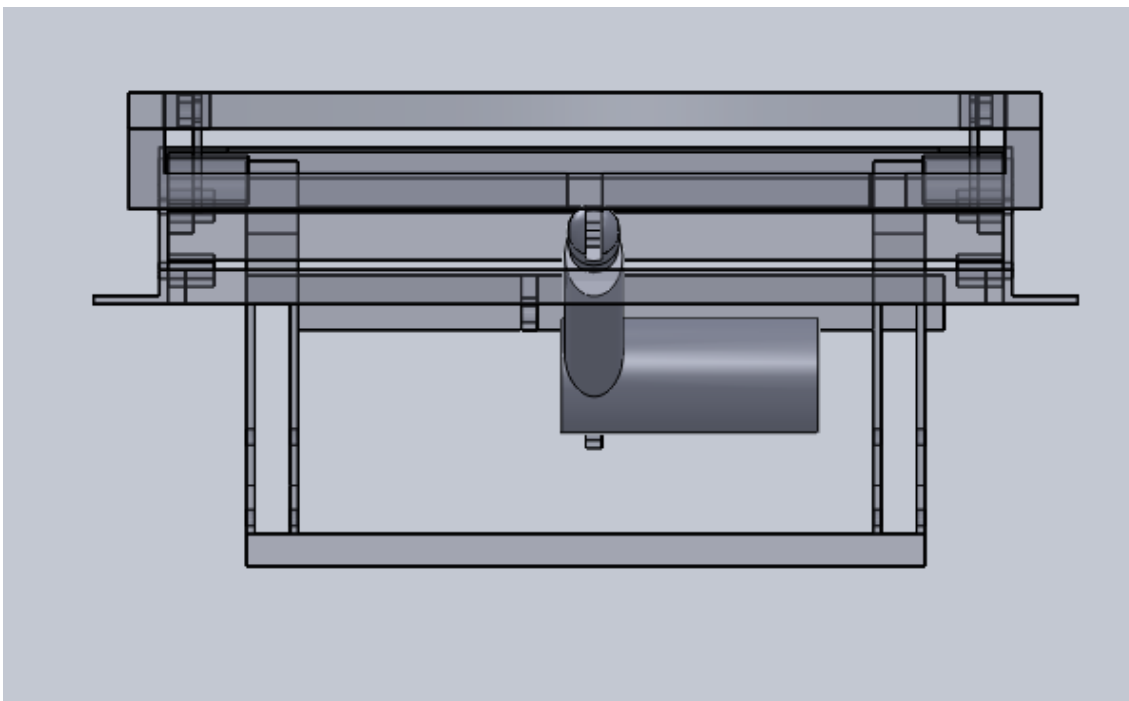


Figura 61: Perfil respatller modificat

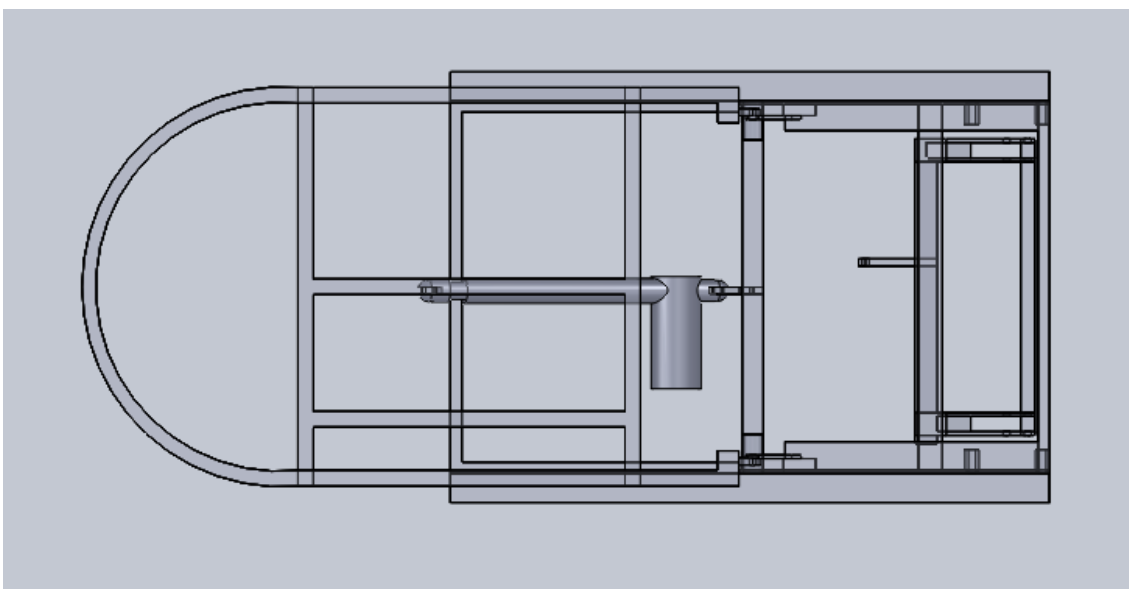


Figura 62: Planta respatller modificat

A.2.3 Tisora modificada

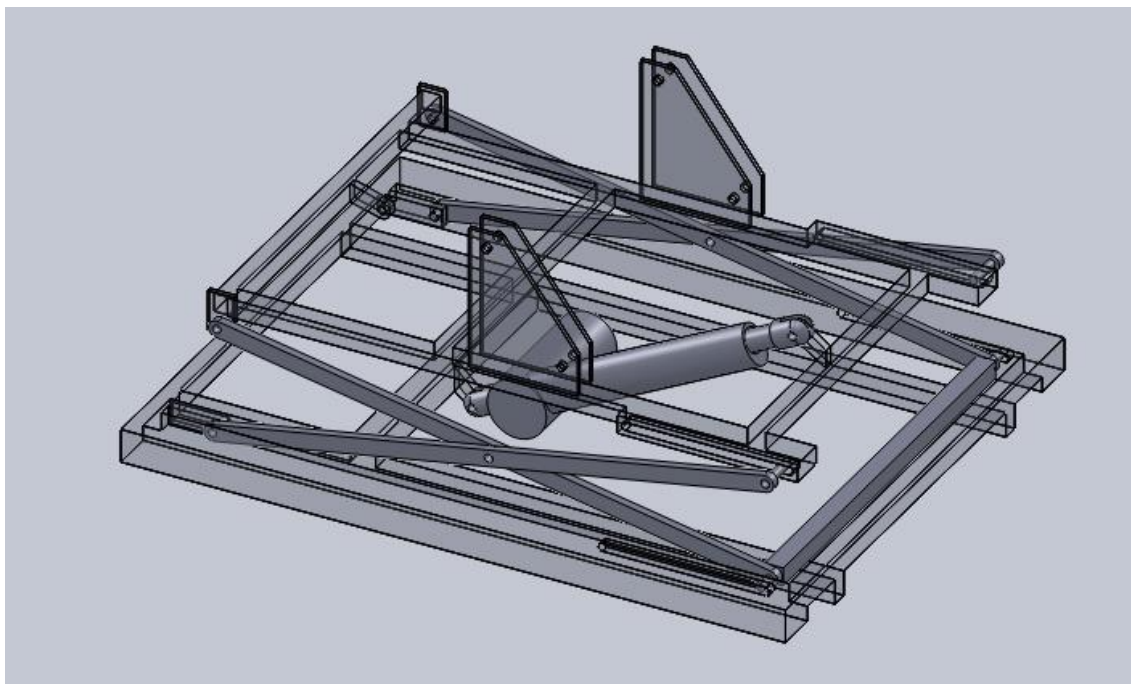


Figura 63: Perspectiva tisora modificada

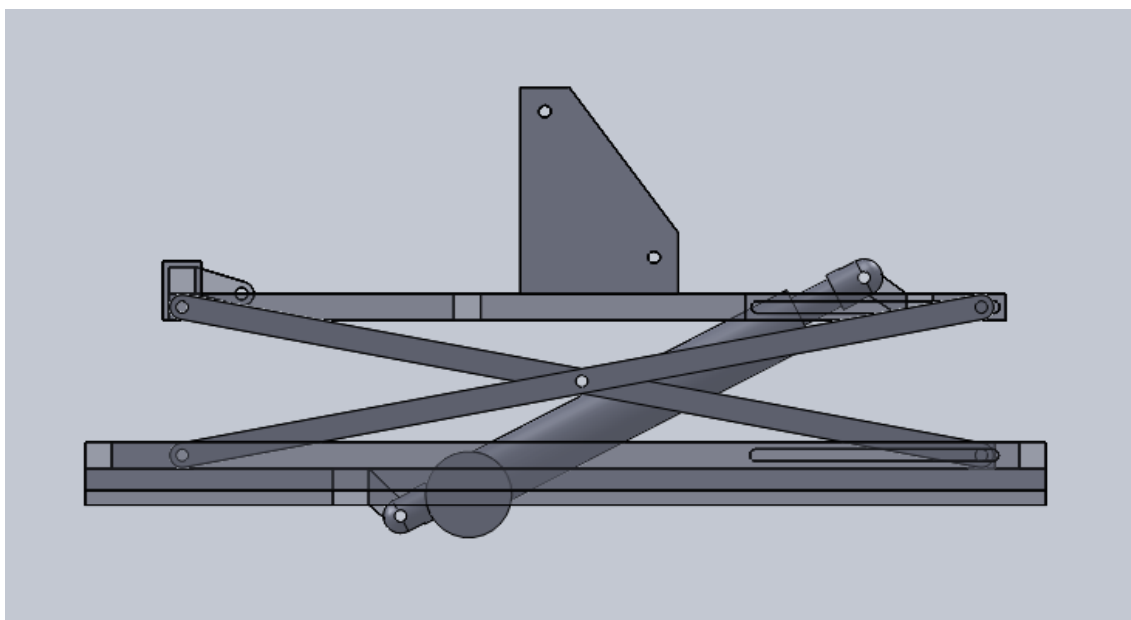


Figura 64: Alçat tisora modificada

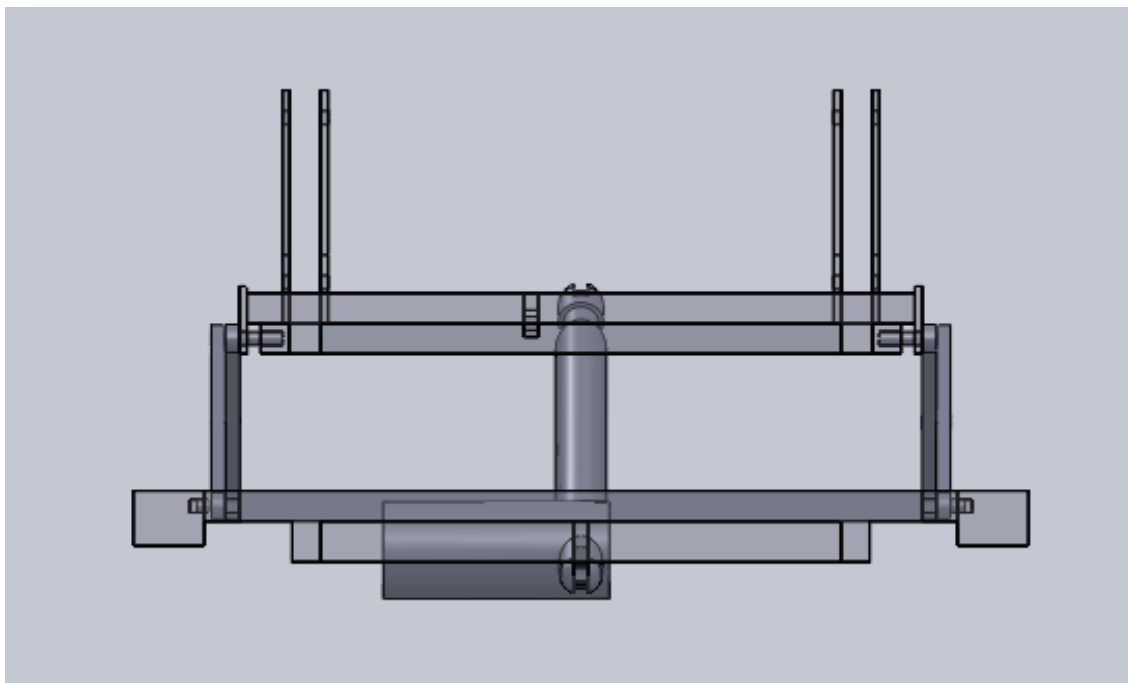


Figura 65: Perfil tisora modificada

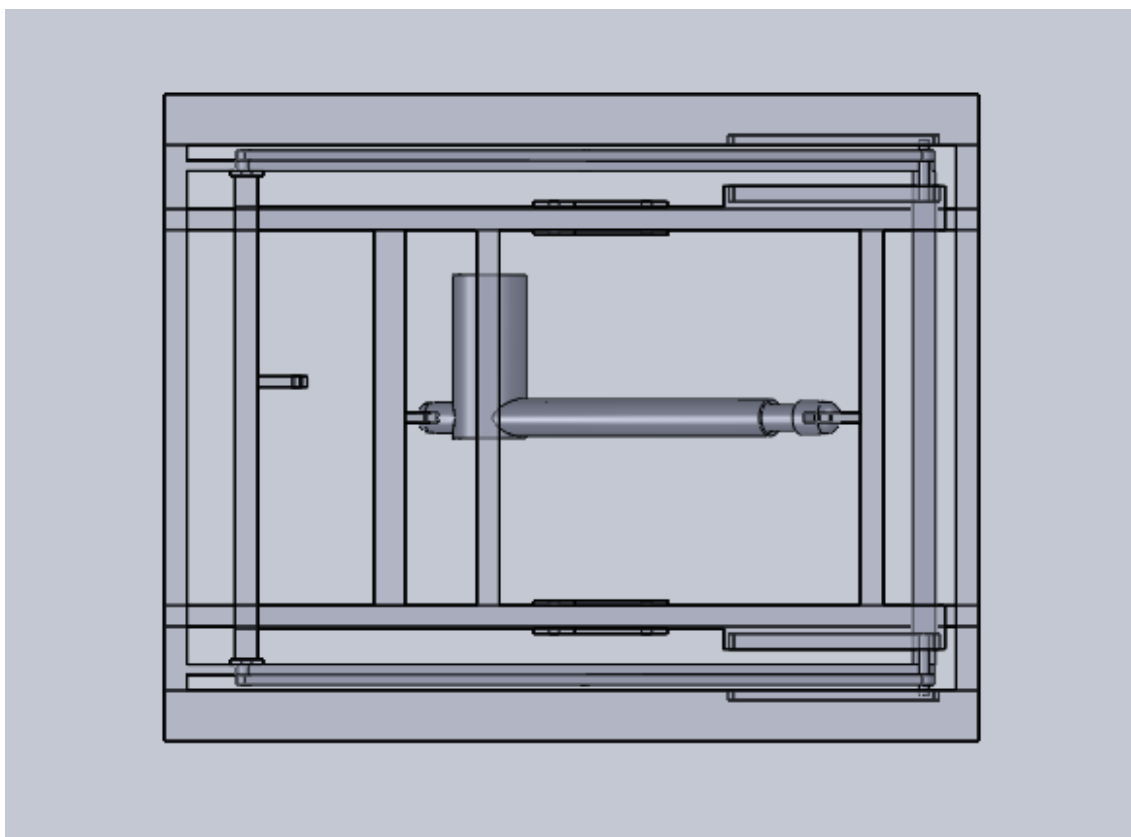


Figura 66: Planta tisora modificada

A.2.4 Incorporació modificada

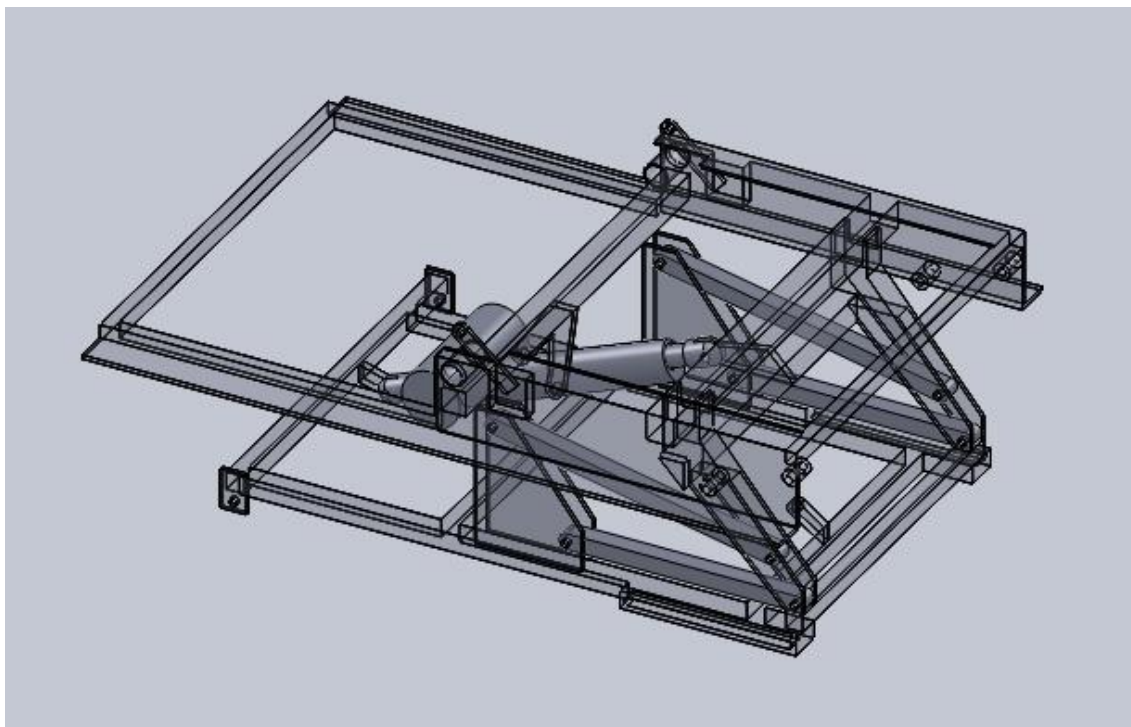


Figura 67: Perspectiva incorporació modificada

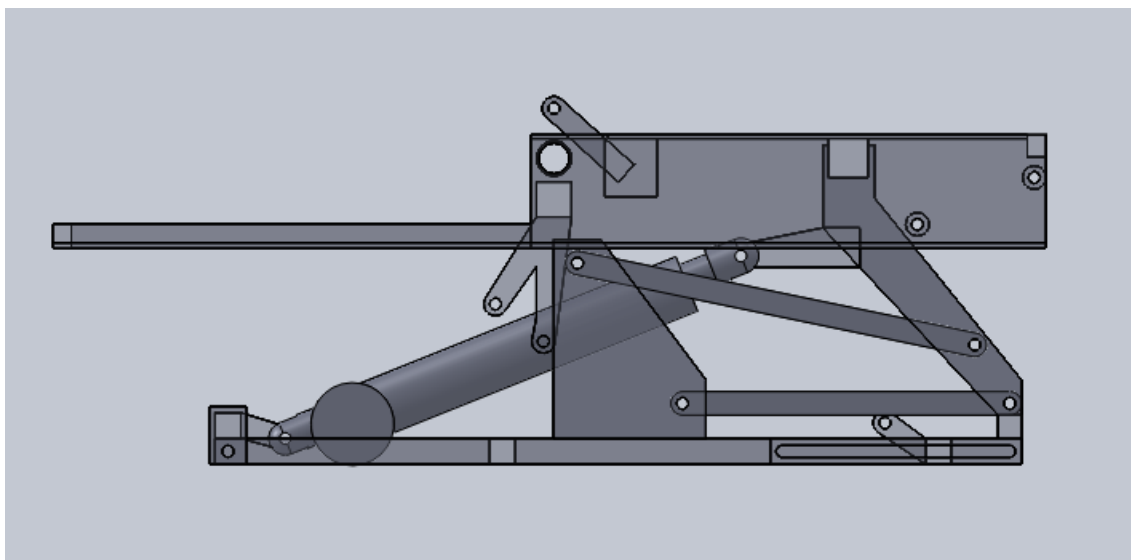


Figura 68: Alçat incorporació modificada

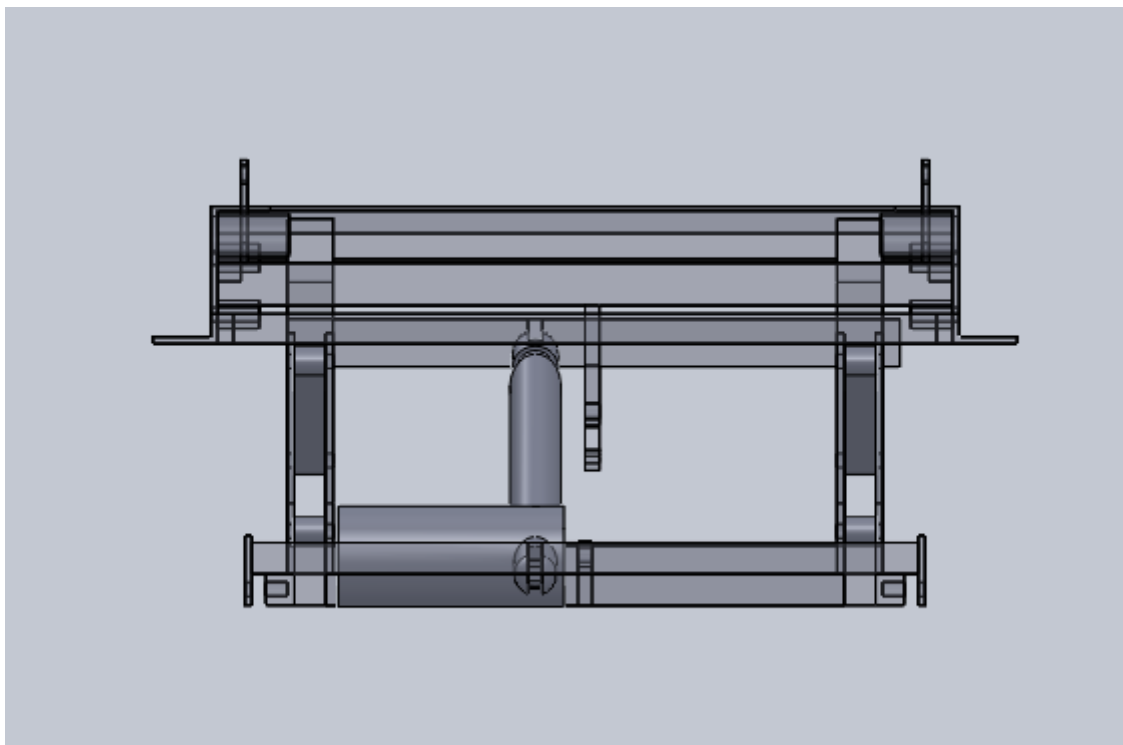


Figura 69: Perfil incorporació modificada

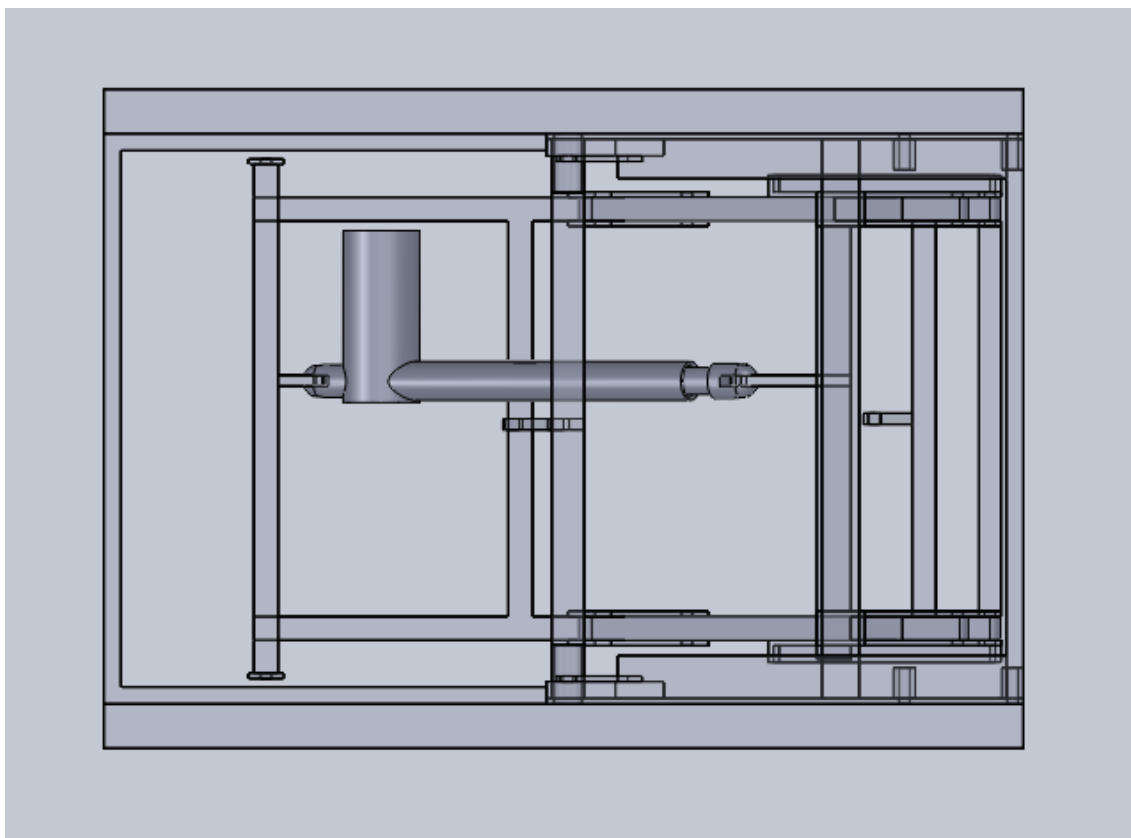


Figura 70: Planta incorporació modificada

A.2.5 Reposapeus modificat

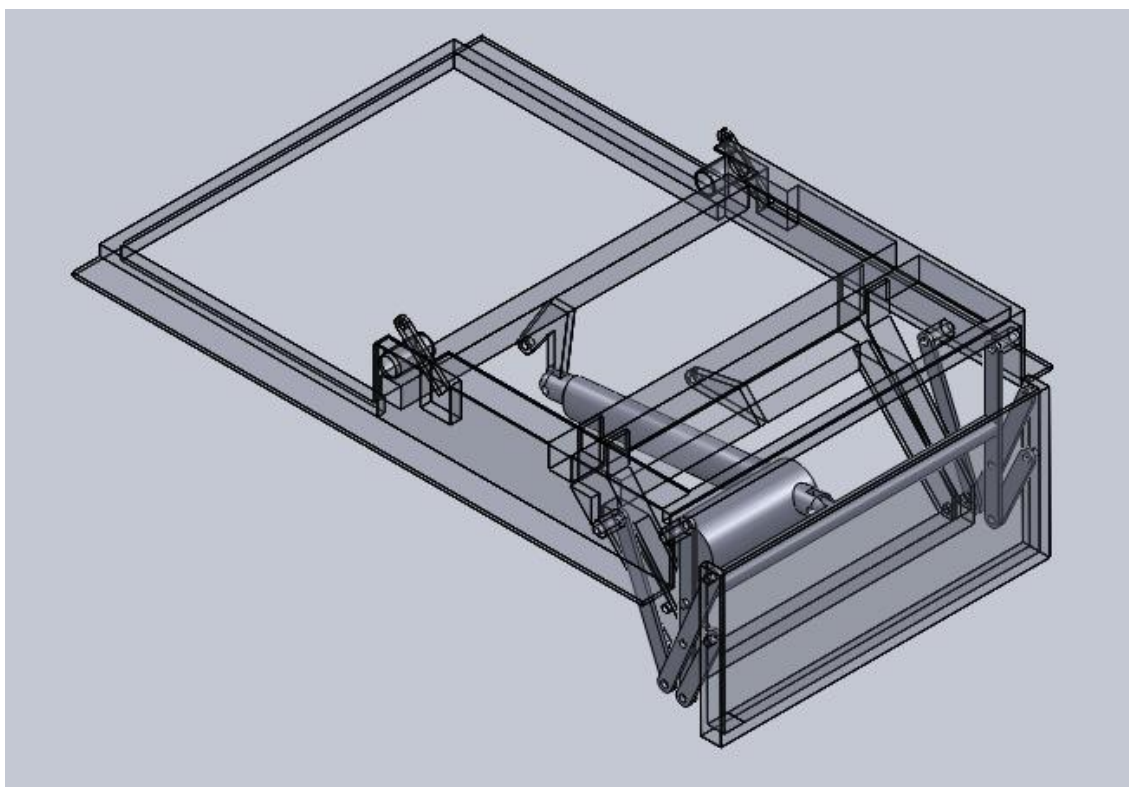


Figura 71: Perspectiva reposapeus modificat

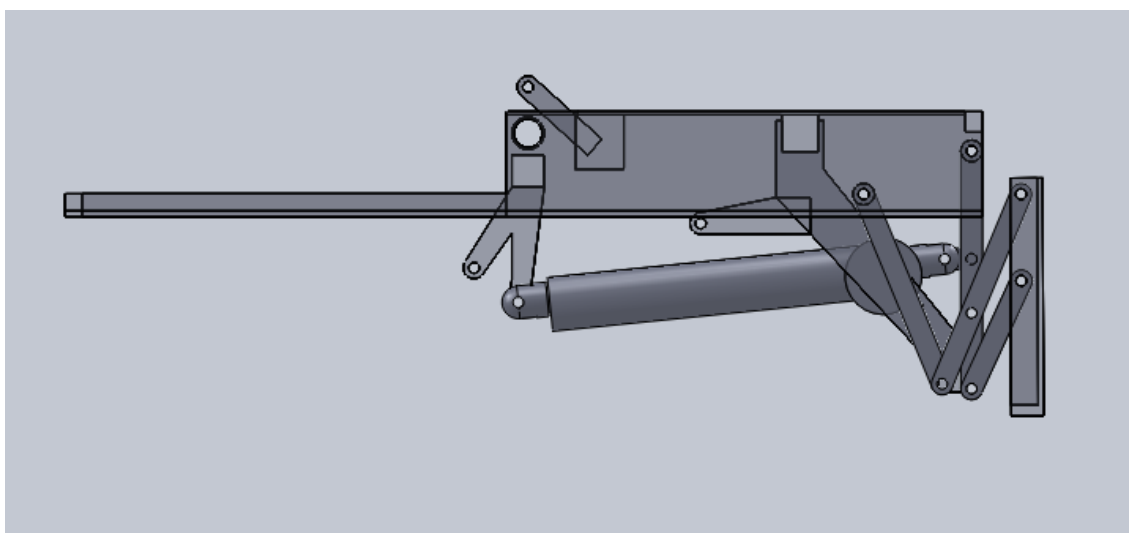


Figura 72: Alçat reposapeus modificat

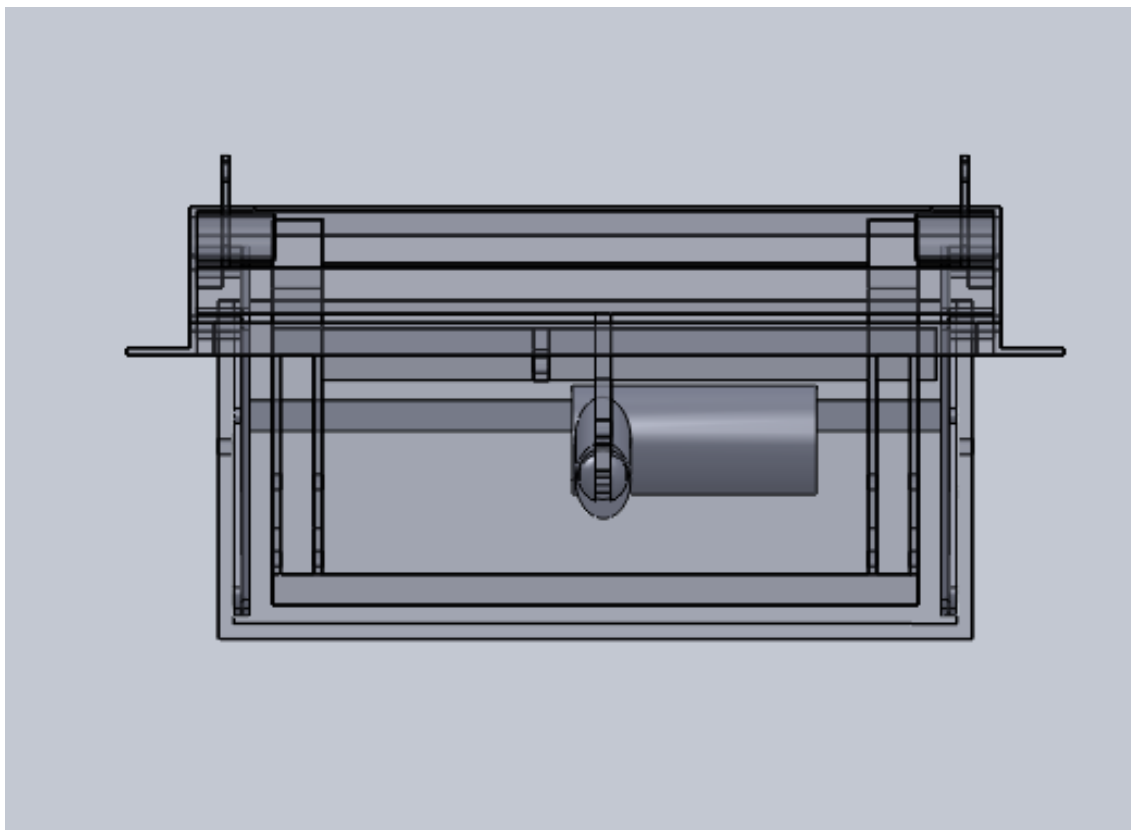


Figura 73: Perfil reposapeus modificat

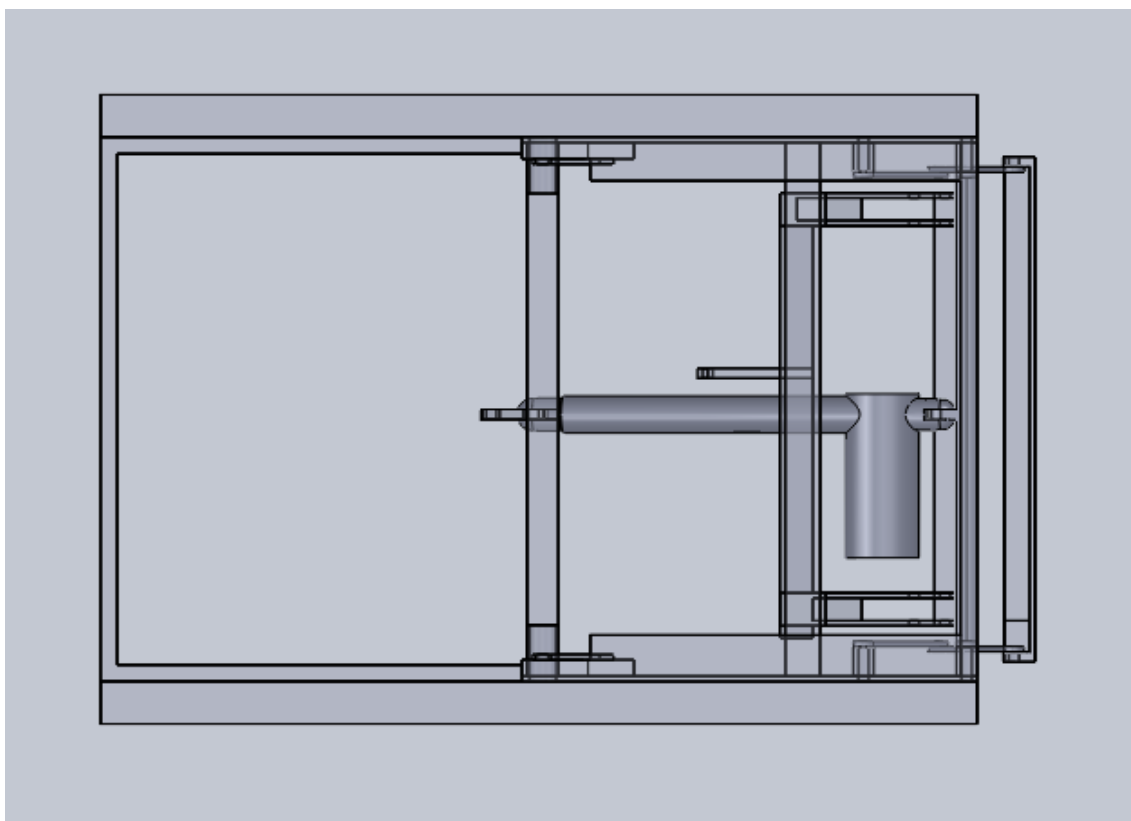


Figura 74: Planta reposapeus modificat

A.2.6 Caixa de control posició modificada

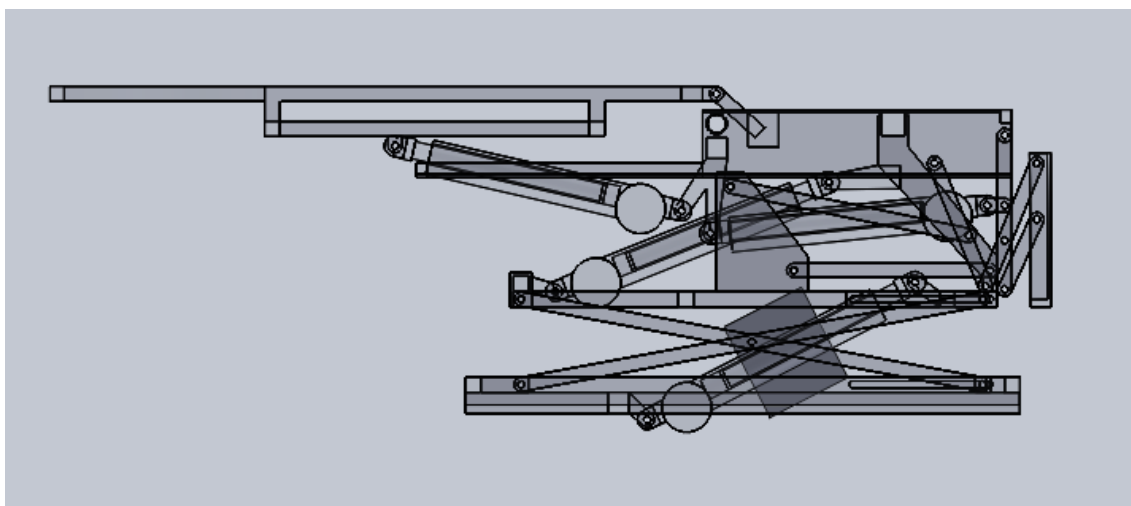


Figura 75:Alçat caixa de control posició modificada

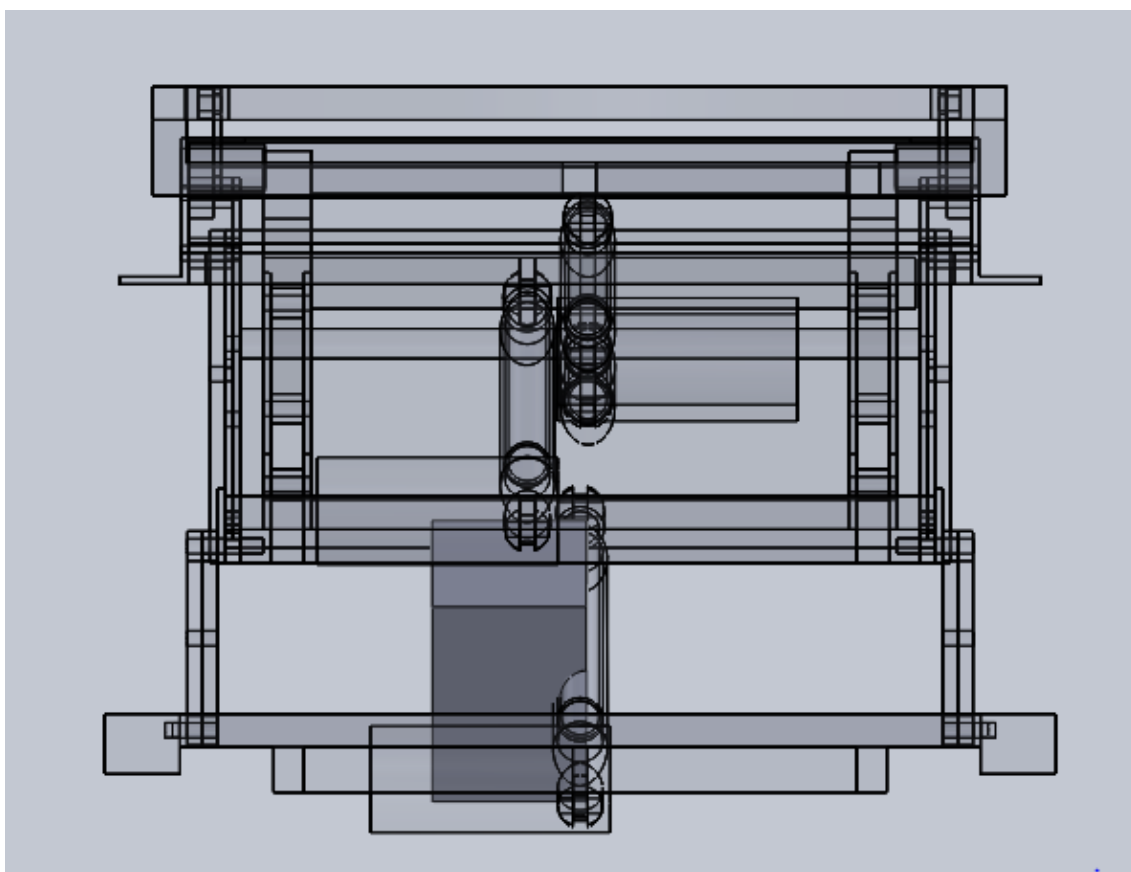


Figura 76:Perfil caixa de control posició modificada

A.3 Millores

A.3.1 Reposapeus millorat



Figura 77: Alçat reposapeus millorat

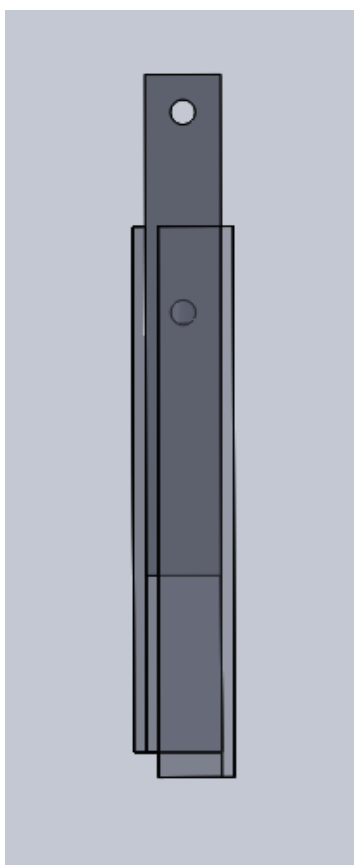


Figura 78: Perfil reposapeus millorat

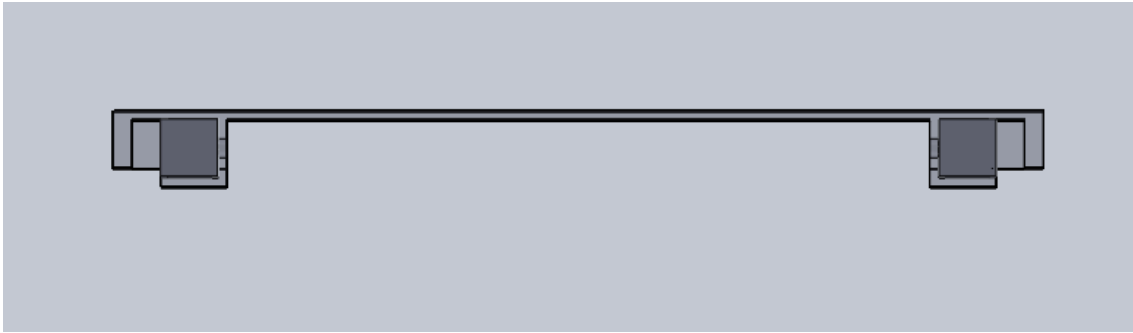


Figura 79: Planta reposapeus millorat

B. Càlculs de l'anàlisi

B.1 Respatller

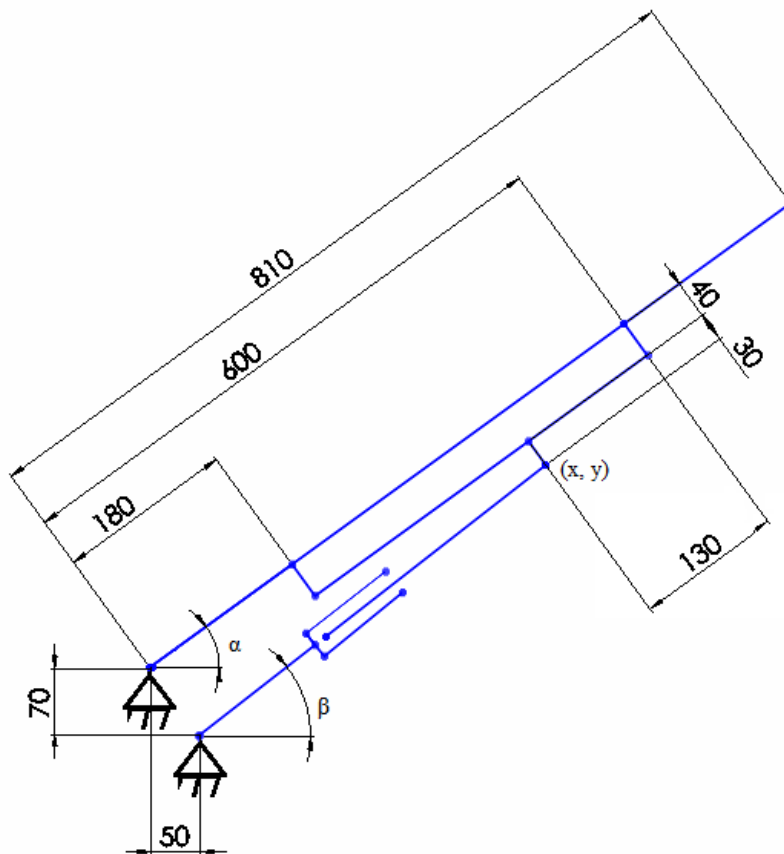


Figura 80: Esquema respatller

Parametrització en funció de α

$$0^\circ < \alpha < 90^\circ$$

Es substitueixen els valors, dins el seu interval, de l'angle α a l'equació (1.1) i l'equació (1.2) per obtenir els valors de x i y en aquella inclinació, que permetran obtenir el valor de β en l'equació (1.3).

$$x = 470 * \cos \alpha + 70 * \sin \alpha \quad (1.1)$$

$$y = 470 * \sin \alpha - 70 * \cos \alpha \quad (1.2)$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{y + 70}{x - 50} \quad (1.3)$$

Taula 15: Paràmetres respalller

$\alpha(^{\circ})$	x(mm)	y(mm)	$\beta(^{\circ})$
0	470	-70	0
10	475	12.7	11
20	465.6	95	21.6
30	442	174.4	31.9
40	405	248.5	41.9
50	355.7	315	51.5
60	295.6	372	60.9
70	226.5	417.7	70.1
80	150.6	450.7	79.1
90	70	470	87.9

Estàtica

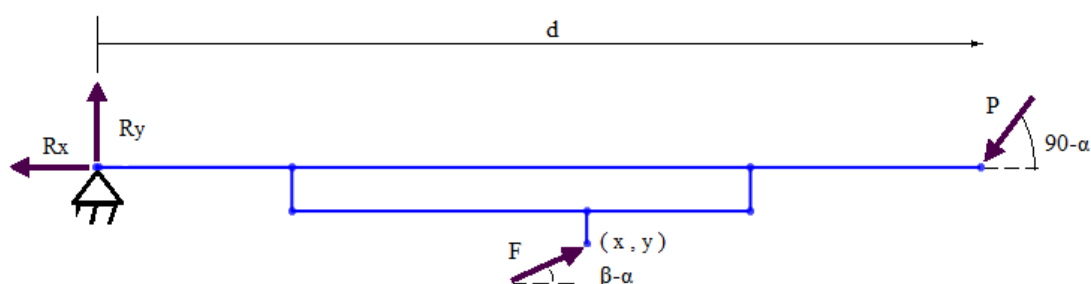


Figura 81: Cos lliure mecanisme respalller

Les equacions d'equilibri són:

$$\Sigma F_x = 0 \quad R_x + P * \cos(90 - \alpha) = F * \cos(\beta - \alpha) \quad (1.4)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad R_y + F * \sin \beta - \alpha = P * \sin(90 - \alpha) \quad (1.5)$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_R = 0 \quad & P * \sin(90 - \alpha) * d \\ & = F * (\sin(\beta - \alpha) * 0.47 + \cos(\beta - \alpha) * 0.07) \quad (1.6) \end{aligned}$$

S'aïlla la F de la equació (1.6) , així s'obté la equació (1.7) on es pot substituir els valors de la taula 13 més els paràmetres P i d per obtenir la força necessària que ha de fer el pistó segons la inclinació del respalller (angle α).

$$F = \frac{P * \sin(90 - \alpha) * d}{\sin(\beta - \alpha) * 0.47 + \cos(\beta - \alpha) * 0.07} \quad (1.7)$$

B.2 Tisora

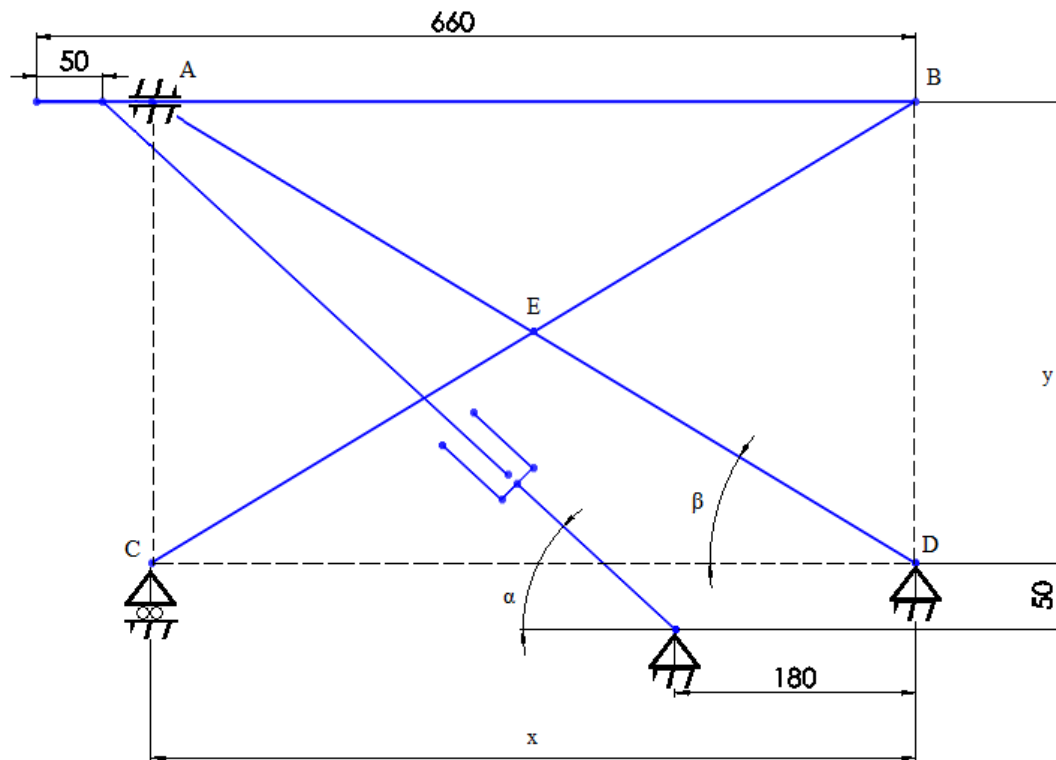


Figura 82: Esquema tisora

Parametrització en funció de y

$$100\text{mm} < y < 410\text{mm}$$

Donant valor al paràmetre y, dins del seu interval, i substituint-lo a les equacions (2.1), (2.2) i (2.3) s'obté els valors de x, α i β.

$$x = \sqrt{670 - y^2} \quad (2.1)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{y + 50}{430} \quad (2.2)$$

$$\beta = \sin^{-1} \frac{y}{670} \quad (2.3)$$

Taula 16: Paràmetres tisora

y(mm)	x(mm)	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$
100	662	19.23	8.58
150	652.99	24.94	12.94
200	639	30.17	17.37
250	621.61	35.9	21.91
300	599	39.14	26.6
350	571.31	42.93	31.49
410	530	46.93	37.73

Estàtica

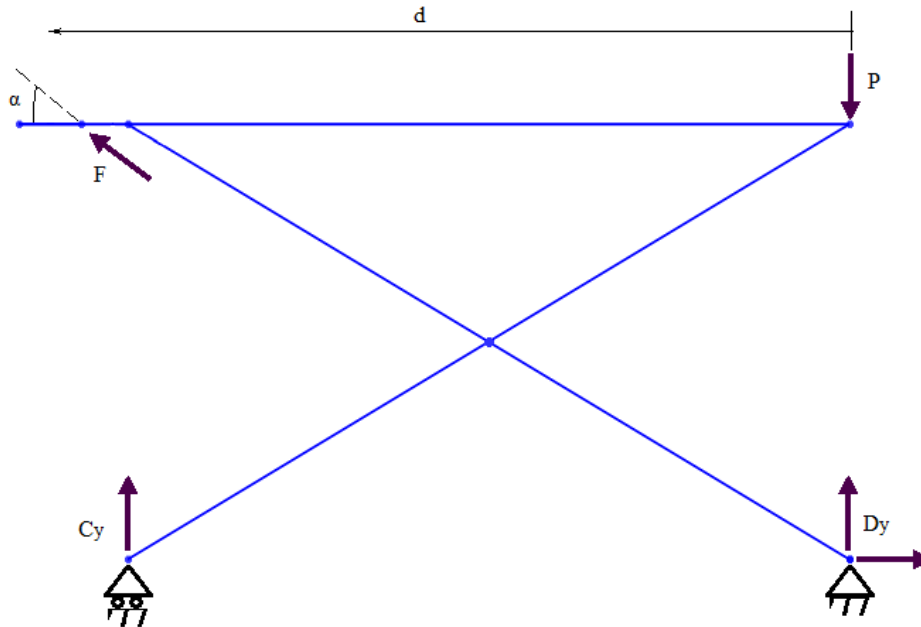


Figura 83: Cos lliure mecanisme tisora

$$\Sigma x = 0 \quad F * \cos \alpha = Dx \quad (2.4)$$

$$\Sigma y = 0 \quad F * \sin \alpha + Cy + Dy = P \quad (2.5)$$

$$\Sigma M_D = 0 \quad F * \sin \alpha * 0.61 + Cy * x = F * \cos \alpha * y + P * d \quad (2.6)$$

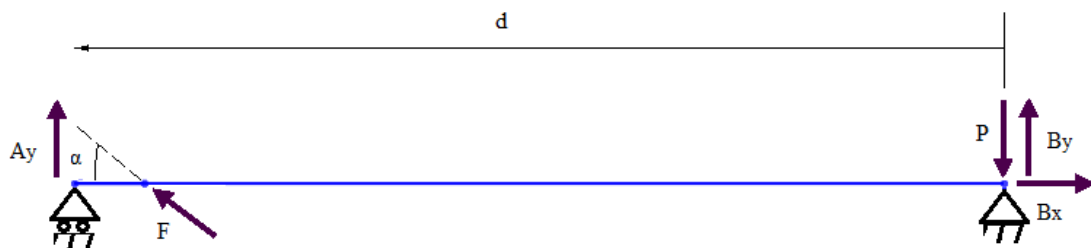


Figura 84: Cos lliure mecanisme tisora barra 1

$$\Sigma Fx = 0 \quad F * \cos \alpha = Bx \quad (2.7)$$

$$\Sigma Fy = 0 \quad F * \sin \alpha + Ay + By = P \quad (2.8)$$

$$\Sigma M_D = 0 \quad F * \sin \alpha * 0.61 + Ay * x = P * d \quad (2.9)$$

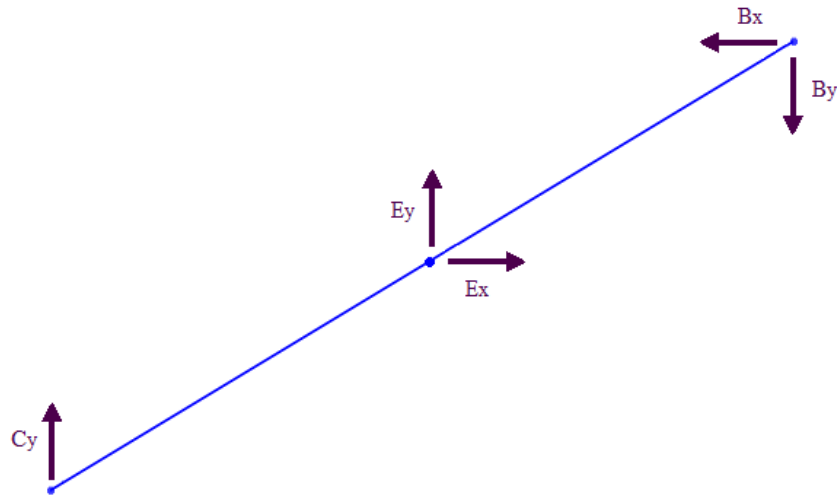


Figura 85: Cos lliure mecanisme tisora barra 2

$$\Sigma F_x = 0 \quad B_x = E_x \quad (2.10)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad C_y + E_y = B_y \quad (2.11)$$

$$\Sigma M_E = 0 \quad C_y * 0.335 * \cos \beta + B_y * 0.335 * \cos \beta = B_x * \sin \beta \quad (2.12)$$

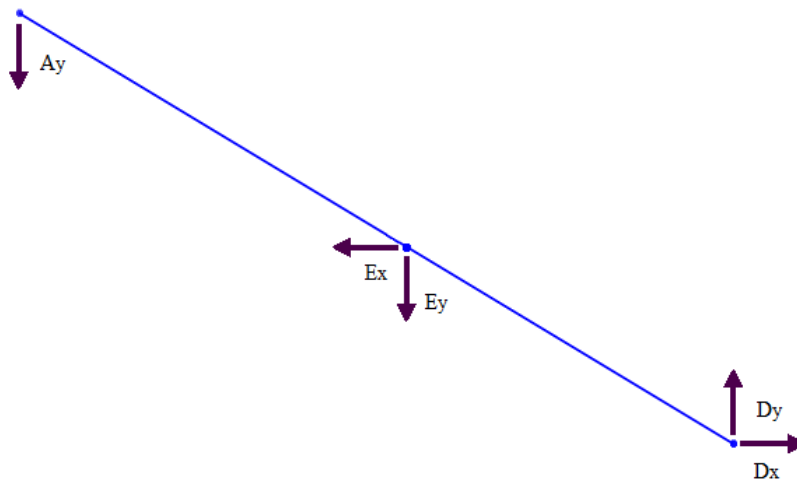


Figura 86: Cos lliure mecanisme tisora barra 3

$$\Sigma F_x = 0 \quad D_x = E_x \quad (2.13)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad D_y = A_y + E_y \quad (2.14)$$

$$\Sigma M_E = 0 \quad A_y * 0.335 * \cos \beta + D_y * \cos \beta + D_x * 0.335 * \sin \beta = 0 \quad (2.15)$$

Agafem la equació (2.6) i aïllem Cy .

$$Cy = \frac{P * d}{x} + \frac{F * \cos \alpha * y}{x} - \frac{F * \sin \alpha * 0.61}{x} \quad (2.6)$$

Amb l'equació (2.1) i (2.9) s'aïlla respectivament Dx i Ay i es substitueixen dins l'equació (2.15).

$$Dy * \cos \beta = -Ay * \cos \beta - Dx * \sin \beta \quad (2.15)$$

$$Dy = -Ay - Dx * \tan \beta \quad (2.15)$$

$$Dx = F * \cos \alpha \quad (2.1)$$

$$Ay = \frac{P * d}{x} - \frac{F * \sin \alpha * 0.61}{x} \quad (2.9)$$

$$Dy = -\frac{P * d}{x} - \frac{F * \sin \alpha * 0.61}{x} - F * \cos \alpha * \tan \beta \quad (2.15)$$

Es substitueix l'equació (2.15) i la (2.6) dins de l'equació (2.5) i es simplifiquen els termes que puguem.

$$F * \sin \alpha + \frac{P * d}{x} + \frac{F * \cos \alpha * y}{x} - \frac{F * \sin \alpha * 0.61}{x} - \frac{P * d}{x} + \frac{F * \sin \alpha * 0.61}{x} + F * \cos \alpha * \tan \beta = P$$

Així només quedarà aïllar F per tenir l'equació paramètrica. On substituint els valors de la taula 14 i P es sap la força que ha de fer el pistó.

$$F * (\sin \alpha * \frac{\cos \alpha * y}{x} - \cos \alpha * \tan \beta) = P$$

$$F = \frac{P}{\sin \alpha + \frac{\cos \alpha * y}{x} - \cos \alpha * \tan \beta} \quad (2.16)$$

B.3 Incorporació

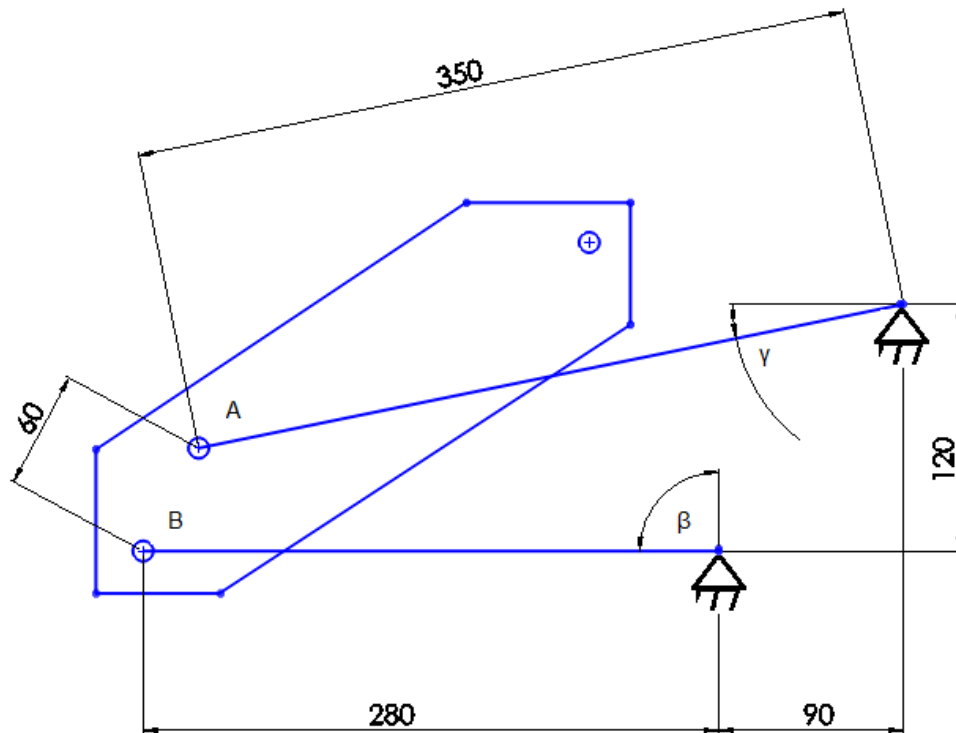


Figura 87: Esquema quadrilàter articulat incorporació

Parametrització en funció de β

$$0^\circ < \beta < 25^\circ$$

Amb els 2 punts fixes a la bancada, que es poden observar en la figura 83, i els punts A i B es forma un quadrilàter articulat. Com que la distància entre A i B, 60mm, ha de ser sempre constant es pot trobar γ en funció de β utilitzant l'equació (3.1).

$$60 = \sqrt{[(0 - 280 * \cos \beta) - (90 - 350 * \cos \gamma)]^2 + [(0 - 280 * \sin \beta) - (120 - 350 * \sin \gamma)]^2} \quad (3.1)$$

Coneixent els 2 angles s'utilitzen les equacions (3.2), (3.3), (3.4) i (3.5) per trobar la posició de A i B.

$$A(x, y) \quad x = 350 * \cos \gamma - 90 \quad (3.2)$$

$$y = 350 * \sin \gamma + 120 \quad (3.3)$$

$$B(x, y) \quad x = 280 * \cos \beta \quad (3.4)$$

$$y = 280 * \sin \beta \quad (3.5)$$

Taula 17: Resultats quadrilàter

$\beta(^{\circ})$	$\gamma(^{\circ})$	A (x, y)	B(x, y)
0	-10	(254.7, 59.2)	(280, 0)
5	-6.5	(257.7, 80.4)	(278.9, 24.4)
10	-2	(259.8, 107.8)	(275.7, 48.6)
15	2	(259.8, 132.2)	(270.5, 72.47)
20	6,2	(257.9, 157,8)	(263.1, 95.8)
25	9,9	(254,8, 180,2)	(253.8, 118.3)

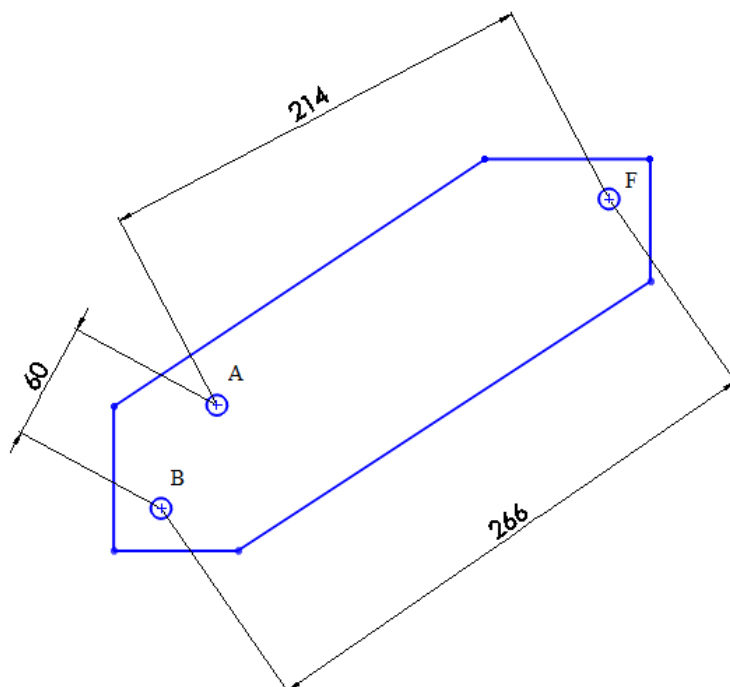


Figura 88: Esquema incorporació, distància entre punts

Com que ja es coneix la posició x i y dels punts A i B, expressats en la taula 15, s'utilitza el següent sistema d'equacions format per la (3.6) i la (3.7) per trobar la posició del punt F.

$$\begin{cases} 214 = \sqrt{(x_F - x_A)^2 + (y_F - y_A)^2} & (3.6) \\ 266 = \sqrt{(x_F - x_B)^2 + (y_F - y_B)^2} & (3.7) \end{cases}$$

Taula 18: Posició punts A, B i F

A (x, y)	B(x, y)	F (x, y)
(254.7, 59.2)	(280, 0)	(64.7, 159.2)
(257.7, 80.4)	(278.9, 24.4)	(84.4, 205.8)
(259.8, 107.8)	(275.7, 48.6)	(93.2, 242.12)
(259.8, 132.2)	(270.5, 72.47)	(108.1, 283.2)
(257.9, 157,8)	(263.1, 95.8)	(113.5, 315.7)
(254,8, 180,2)	(253.8, 118.3)	(128.6, 353)

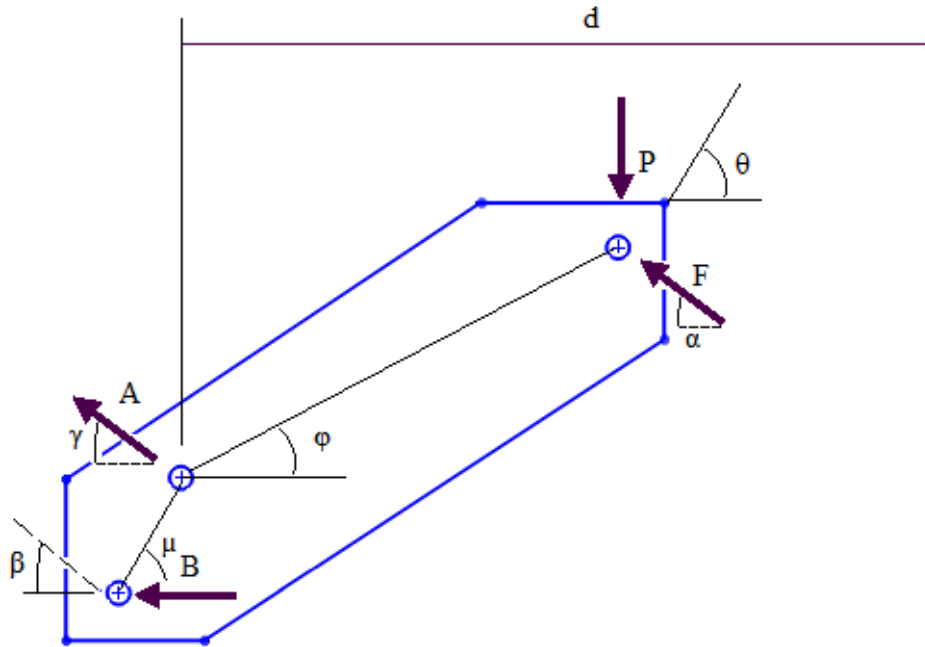


Figura 89: Cos lliure mecanisme incorporació

Amb les equacions (3.8), (3.9) i (3.10), i els valors de la taula 16 es troben els angles.

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{y_F + 30}{x_F + 340} \quad (3.8)$$

$$\mu = \tan^{-1} \frac{y_A - y_B}{x_A - x_B} \quad (3.9)$$

$$\theta = \mu - 59$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{y_F - y_A}{x_F - x_A} \quad (3.10)$$

Taula 19: Angles incorporació

A (x, y)	B(x, y)	F (x, y)	α(°)	μ(°)	θ(°)	φ(°)
(254.7, 59.2)	(280, 0)	(64.7, 159.2)	24.23	59	0	27.76
(257.7, 80.4)	(278.9, 24.4)	(84.4, 205.8)	29.06	69.3	10.3	33.87
(259.8, 107.8)	(275.7, 48.6)	(93.2, 242.12)	32.13	74.94	15.94	36.33
(259.8, 132.2)	(270.5, 72.47)	(108.1, 283.2)	34.94	79.86	20.86	40.94
(257.9, 157.8)	(263.1, 95.8)	(113.5, 315.7)	37.31	85.24	26.24	42.82
(254.8, 180.2)	(253.8, 118.3)	(128.6, 353)	39.26	91	32	42.99

Estàtica

Es fan sumatoris de moments i forces a partir de la figura 85 i s'obtenen les següents equacions.

$$F * \cos \alpha + A * \sin \gamma + B + \cos \beta = 0 \quad (3.11)$$

$$F * \sin \alpha + A * \sin \gamma + B * \sin \beta = P \quad (3.12)$$

$$P * d * \cos \theta + B * 0.06 * (\sin \beta * \cos \mu + \cos \beta * \sin \mu) \\ = F * 0.214 * (\sin \alpha * \cos \varphi + \cos \alpha * \sin \varphi) \quad (3.13)$$

Substituint els valors dels angles de les taules 15 i 17, amb els paràmetres P i d, i resolvent el sistema, format per les equacions (3.11), (3.12) i (3.13) es troba el valor de F.

B.4 Reposapeus

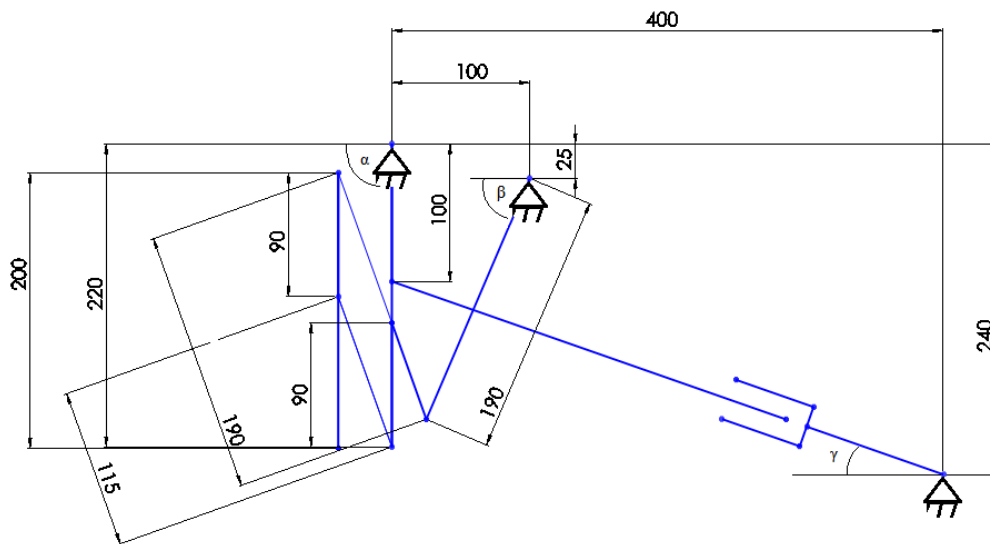


Figura 90: Esquema reposapeus

Parametrització en funció de β

$$-66,2^\circ < \beta < 0^\circ$$

Els dos punts units a la bancada i els punts D i E, que es veuen en la figura 87, formen un quadrilàter articulat. Com que la distància de D i E és sempre constant s'utilitza l'equació (4.1) per trobar α en funció de β .

Coneixent els dos angles es poden substituir a les equacions (4.2), (4.3) i (4.4), (4.5) per saber la posició x i y de D i E.

$$74 = \sqrt{[130 * \sin \alpha - 190 * \sin \beta]^2 + [130 * \cos \alpha - 190 * \cos \beta]^2} \quad (4.1)$$

$$D(x, y) \quad x = 130 * \cos \alpha \quad (4.2)$$

$$y = 130 * \sin \alpha \quad (4.3)$$

$$E(x, y) \quad x = 190 * \cos \beta + 100 \quad (4.4)$$

$$y = 190 * \sin \beta - 25 \quad (4.5)$$

Taula 20: Resultats primer quadrilàter

$\beta(^{\circ})$	$\alpha(^{\circ})$	D (x, y)	E (x, y)
-66.2	-90	(0, -100)	(23.3, -198.8)
-60	-75	(-25.88, -96.59)	(5, -189.5)
-50	-59	(-51.5, -85.72)	(-22.1, -170.5)
-40	-44	(-71.93, -69.46)	(-45.5, -147.1)
-30	-29	(-87.46, -48.48)	(-64.5, -120)
-20	-15	(-96.59, -25.88)	(-78.5, -90)
-10	1	(-99.98, 1.74)	(-87.11, -58)
0	18	(-95.1, 30.9)	(-90, -25)

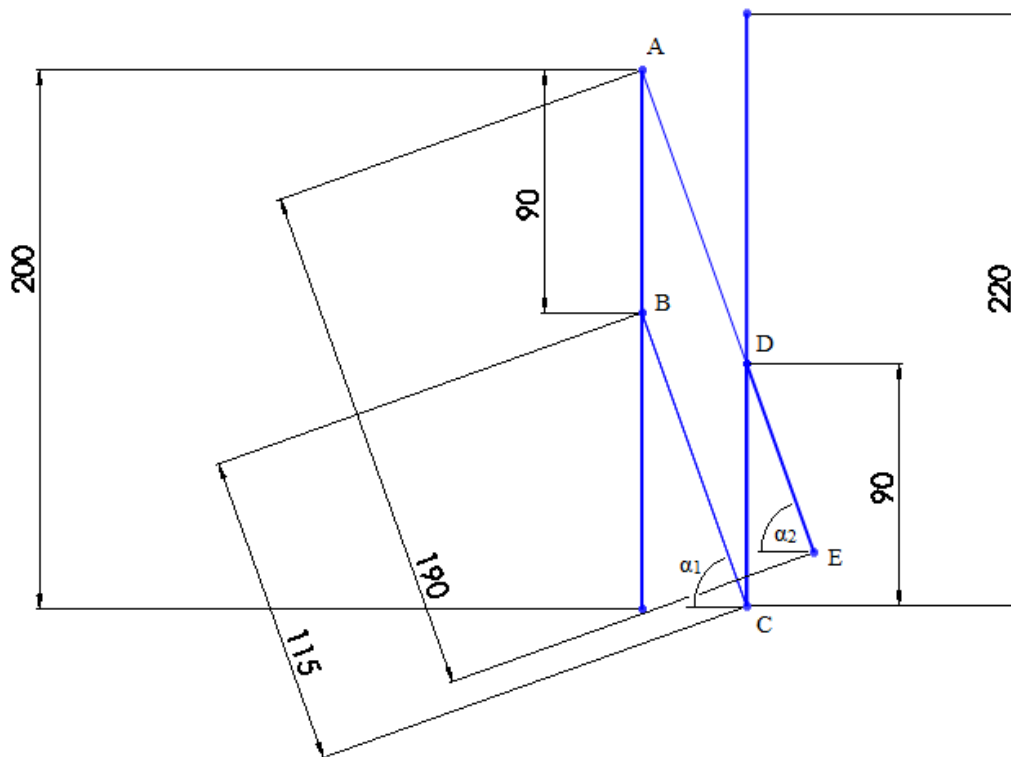


Figura 91: Esquema reposapeus segon quadrilàter articulat

S'utilitza el coneixement la posició dels punts D i E per trobar el valor de α_2 utilitzant l'equació (4.6).

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \frac{y_D - y_E}{x_D - x_E} \quad (4.6)$$

$$\alpha_1 = \alpha_2$$

Amb el coneixement de α i α_2 es troba la posició x i y dels punts A, B i C mitjançant les equacions (4.7), (4.8), (4.9), (4.10), (4.11) i (4.12).

$$A(x, y) \quad x = x_D + 115 * \cos \alpha_2 \quad (4.7)$$

$$y = y_D + 115 * \sin \alpha_2 \quad (4.8)$$

$$C(x, y) \quad x = 220 * \cos \alpha \quad (4.9)$$

$$y = 220 * \sin \alpha \quad (4.10)$$

$$B(x, y) \quad x = x_C + 115 * \cos \alpha_2 \quad (4.11)$$

$$y = y_C + 115 * \sin \alpha_2 \quad (4.12)$$

Taula 21: Resultats segon quadrilàter articulat

$\alpha(^{\circ})$	$\alpha_2(^{\circ})$	A (x, y)	C (x, y)	B (x, y)
270	10.7	(-37.2, -20.12)	(0, -220)	(-37.19, -11.12)
255	120.7	(-92.22, -25.86)	(-56.94, -212.5)	(-116.16, -112.76)
239	127.2	(-137.03, -19)	(-113.3, -188.43)	(-183.43, -96.18)
224	130.2	(-168.37, -1.7)	(-158.25, -152.82)	(-233.12, -64.22)
209	131	(-189.8, 24.25)	(-192.42, -106.66)	(-268.52, -19.11)
195	130	(-200.16, 55.26)	(-212.5, -56.94)	(-287.06, 31.92)
179	125.4	(-197.2, 96.85)	(-219.96, 3.84)	(-287.16, 98.39)
162	117.3	(-176.8, 143.18)	(-209.23, 67.98)	(-262.43, 171.06)

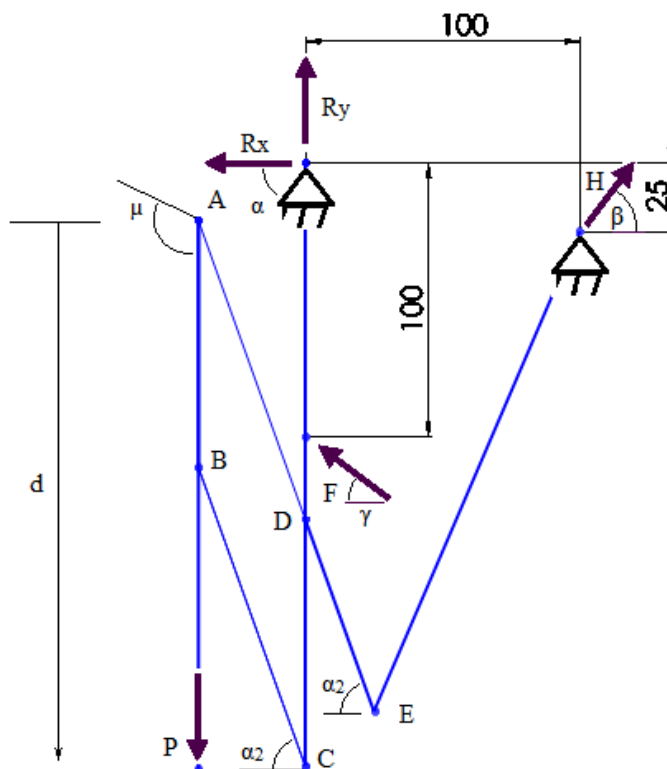


Figura 92: Cos lliure mecanisme reposapeus

Amb els valors de la taula 19 es pot trobar μ , substituint els valors x i y del punts A i B a l'equació (4.13).

$$\mu = \tan^{-1} \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \quad (4.13)$$

Taula 22: Angles inclinació placa reposapeus

B (x, y)	A (x, y)	$\mu(^{\circ})$
(-37.19, -11.12)	(-37.2, -20.12)	-90
(-116.16, -112.76)	(-92.22, -25.86)	-74.6
(-183.43, -96.18)	(-137.03, -19)	-58.99
(-233.12, -64.22)	(-168.37, -1.7)	-44
(-268.52, -19.11)	(-189.8, 24.25)	-28.85
(-287.06, 31.92)	(-200.16, 55.26)	-15.03
(-287.16, 98.39)	(-197.2, 96.85)	1
(-262.43, 171.06)	(-176.8, 143.18)	18.03

Estàtica

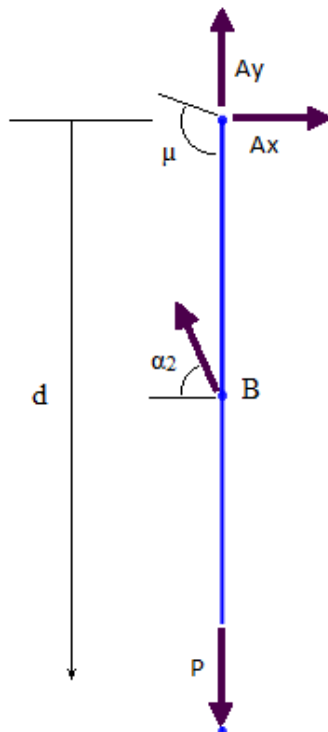


Figura 93: Cos lliure mecanisme reposapeus barra 1

$$\Sigma F_x = 0 \quad A_x = B * \cos \alpha_2 \quad (4.14)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad A_y + B * \sin \alpha = P \quad (4.15)$$

$$\Sigma M_A = 0 \quad P * d * \cos \mu = B * 0.09 * (\sin \alpha_2 * \cos \mu + \cos \alpha_2 * \sin \mu) \quad (4.16)$$

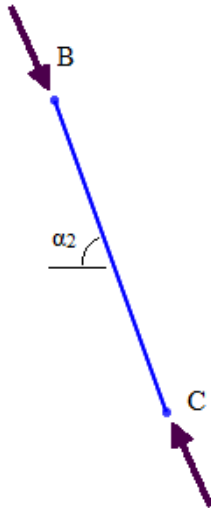


Figura 94:cos lliure mecanisme reposapeus barra 2

$$B = C \quad (4.17)$$

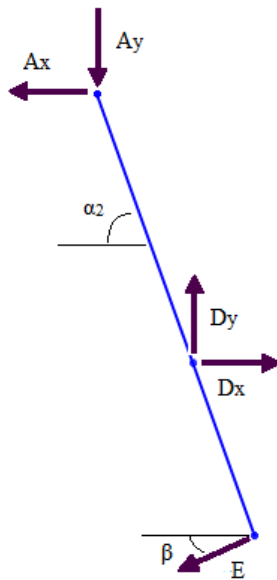


Figura 95:Cos lliure mecanisme reposapeus barra 3

$$\Sigma F_x = 0 \quad Ax + E * \cos \beta = Dx \quad (4.18)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad Ay + E * \sin \beta = Dy \quad (4.19)$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_D = 0 \quad E * 0.075 * (\sin \beta * \cos \alpha_2 + \cos \beta * \sin \alpha_2) \\ = 0.115 * (Ax * \sin \alpha_2 + Ax * \cos \alpha_2) \end{aligned} \quad (4.20)$$

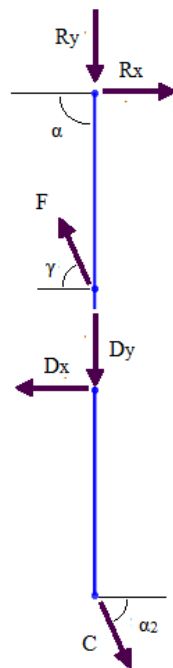


Figura 96: Cos lliure mecanisme reposapeus barra 4

$$\Sigma F_x = 0 \quad R_x + C * \cos \alpha_2 = D_x + F * \cos \gamma \quad (4.21)$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad R_y + D_y + C * \sin \alpha_2 = F * \sin \gamma \quad (4.22)$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_R = 0 \quad & F * 0.1 * (\cos \gamma * \sin \alpha + \cos \gamma * \sin \alpha) + D_x * 0.13 * \sin \alpha \\ & = D_y * 0.13 * \cos \alpha + C * 0.22 \\ & * (\sin \alpha_2 * \cos \alpha + \cos \alpha_2 * \sin \alpha) \quad (4.23) \end{aligned}$$

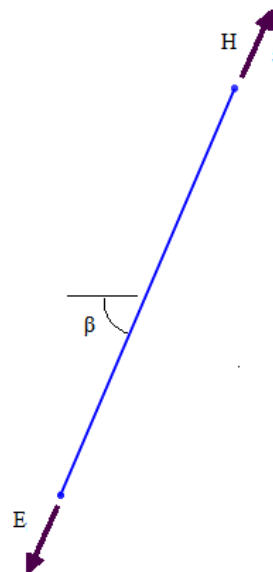


Figura 97: Cos lliure mecanisme reposapeus barra 5

$$E = H \quad (4.24)$$

S'aïlla F de la equació (4.23).

$$F = \frac{C * \cos \alpha^2 * (0.22 * \cos \alpha + 0.22 * \sin \alpha) + Dy * 0.13 * \cos \alpha - Dx * 0.13 * \cos \alpha}{\cos \gamma * 0.1 * \sin \alpha + \sin \gamma * 0.1 * \cos \alpha} \quad (4.23)$$

Es busquen els termes C, Dy i Dx i com deixar-los en funció de P i d ajudant-nos de les següents equacions: (4.18), (4.19), (4.20), (4.1), (4.2), (4.16), (4.17) i es substitueixen a l'equació (4.23).

$$Dx = Ax + E * \cos \beta \quad (4.18)$$

$$Dy = Ay + E * \sin \beta \quad (4.19)$$

$$E = \frac{Ax * 0.115 * \cos \alpha^2 + Ay * 0.115 * \sin \alpha^2}{\cos \beta * 0.075 * \sin \alpha^2 + \sin \beta * 0.075 * \cos \alpha^2} \quad (4.20)$$

$$Ax = B * \cos \alpha^2 - P * \cos \mu \quad (4.1)$$

$$Ay = P * \sin \mu - B * \sin \alpha^2 \quad (4.2)$$

$$B = C = \frac{P * d * \sin \mu}{\cos \alpha^2 * 0.09 * \sin \mu + \sin \alpha^2 * 0.09 * \cos \mu} \quad (4.16)/(4.17)$$

Així resolvent aquest seguit de equacions s'obté la força del pistó.

C. Documents tècnics pistons

D. Documents tècnics caixa de control

Martí Anglada Sèculi
Girona, 18/01/2016