



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Análisis y dimensionamiento de una
retropala para una fuerza de excavación de
63.4 KN.

ANEXO I: Estudio Geométrico.

Autor

Monge Catalán, Alberto.

Director

Javier Óscar Abad Blasco



ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Estudio geométrico	3
2.1 Estudio geométrico del movimiento del cazo.....	3
2.2 Estudio geométrico del movimiento del balancín.....	14
2.3 Estudio geométrico del movimiento de la pluma.....	25
2.4 Conclusiones de primer estudio geométrico.....	36
3. Segundo estudio geométrico.	37
3.1 Posiciones de trabajo.....	37
3.2 Posiciones de Trabajo combinadas.....	48



1. Introducción

Conocer los esfuerzos a los que están sometidos cada una de nuestras barras es una de las claves para poder realizar el correcto dimensionamiento de la pluma. Pero claro, la pluma trasera tiene infinidad de posiciones, para las que los esfuerzos van a ser diferentes en cada una de ellas. Por simplificación, se van a analizar las posiciones de la siguiente manera:

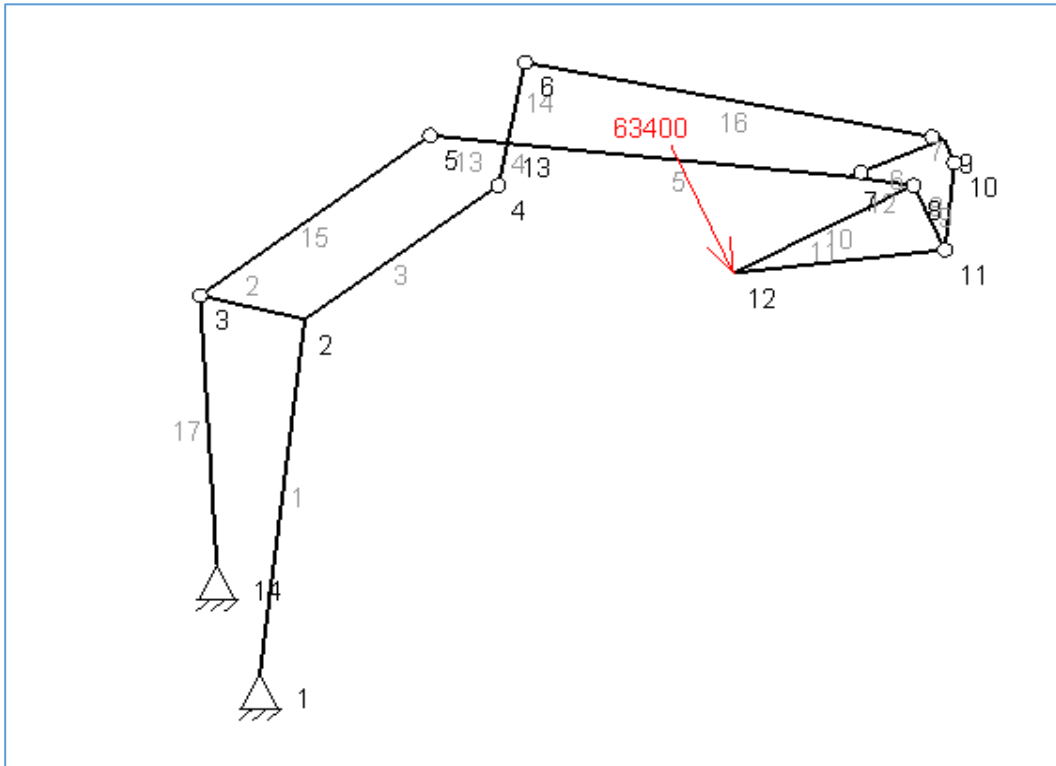
- Primero, se fijará la pluma y el balancín, y se moverá el cazo. El cazo tiene un ángulo de rotación de 180 grados, por lo que fijaremos una posición cada 10 grados de rotación.
Para este primer caso, la fuerza tiene un valor de 63.400 N, ya que corresponde a la fuerza de excavación del cazo. Esta fuerza se aplica en el extremo del cazo (Punto 12) con dirección perpendicular a la barra 10 y sentido hacia dentro del cazo.
- En el segundo caso, fijaremos la geometría de la pluma y del cazo, y se procederá a mover el balancín desde el ángulo máximo de apertura al ángulo mínimo. El ángulo total de rotación es de 120 grados.
Para este segundo caso, la fuerza tiene un valor de 42.800 N, ya que corresponde a la fuerza de excavación del balancín. Esta fuerza se aplica en el extremo del cazo (Punto 12) con dirección perpendicular a la barra 10 y sentido hacia dentro del cazo.
- En el tercer caso, se moverá la pluma del brazo de excavación. El ángulo de rotación de la pluma es de 120 grados.
Para este caso, la fuerza de excavación tiene un valor de 63.400 N. Como en el resto de casos, esta fuerza se aplica en el extremo del cazo (Punto 12) con dirección perpendicular a la barra 10 y sentido hacia dentro del cazo.

2. Estudio geométrico

1.1 Estudio geométrico del movimiento del cazo

Posición 1.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 65 grados.

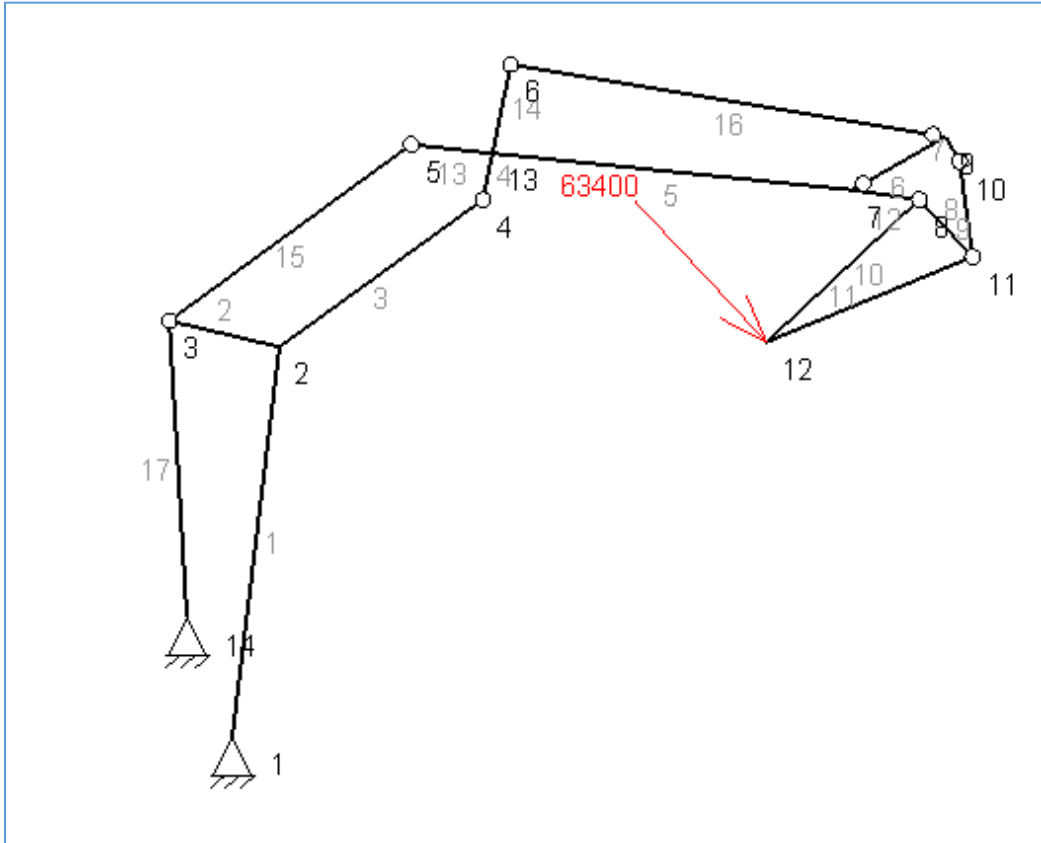


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	789,81	2617,89
6	1230,05	2972,04
7	2736,7	2417,23
8	3033,65	2374,53
11	3179,45	2061,85
10	3223,23	2484,59
9	3175,14	2599,97
12	2197,48	1948,62

Posición 1.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 47 grados.

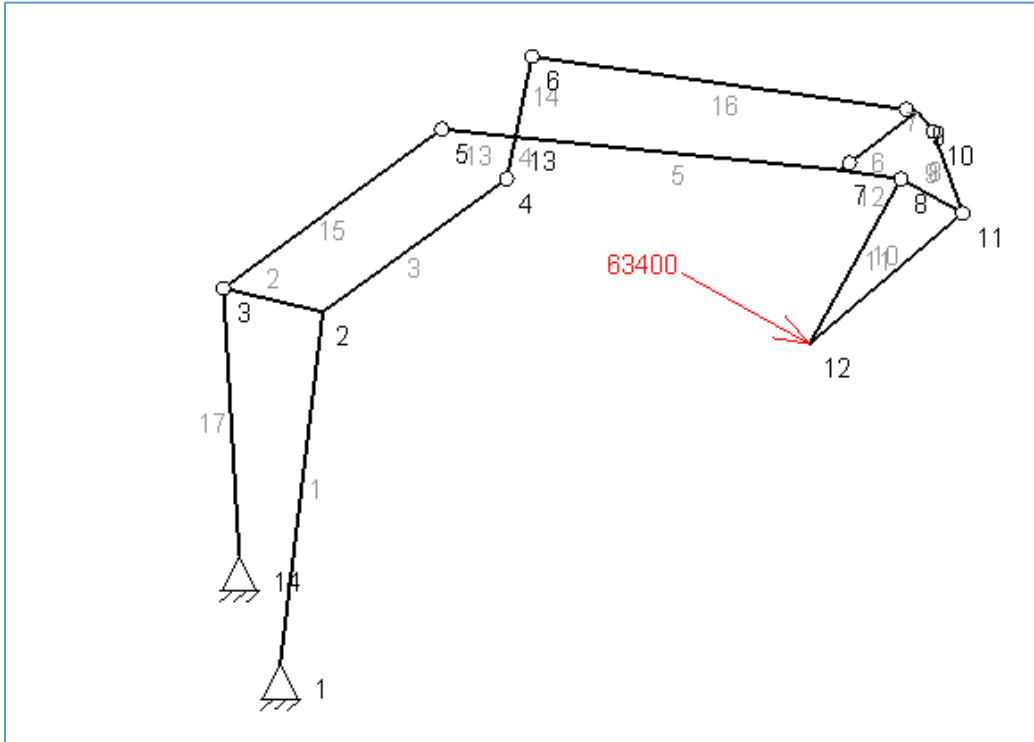


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	789,81	2617,89
6	1230,05	2972,04
7	2736,7	2417,23
8	3033,65	2374,53
11	3268,94	2122,21
10	3211,42	2543,3
9	3149,64	2651,97
12	2358,9	1745,31

Posición 1.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 29 grados.

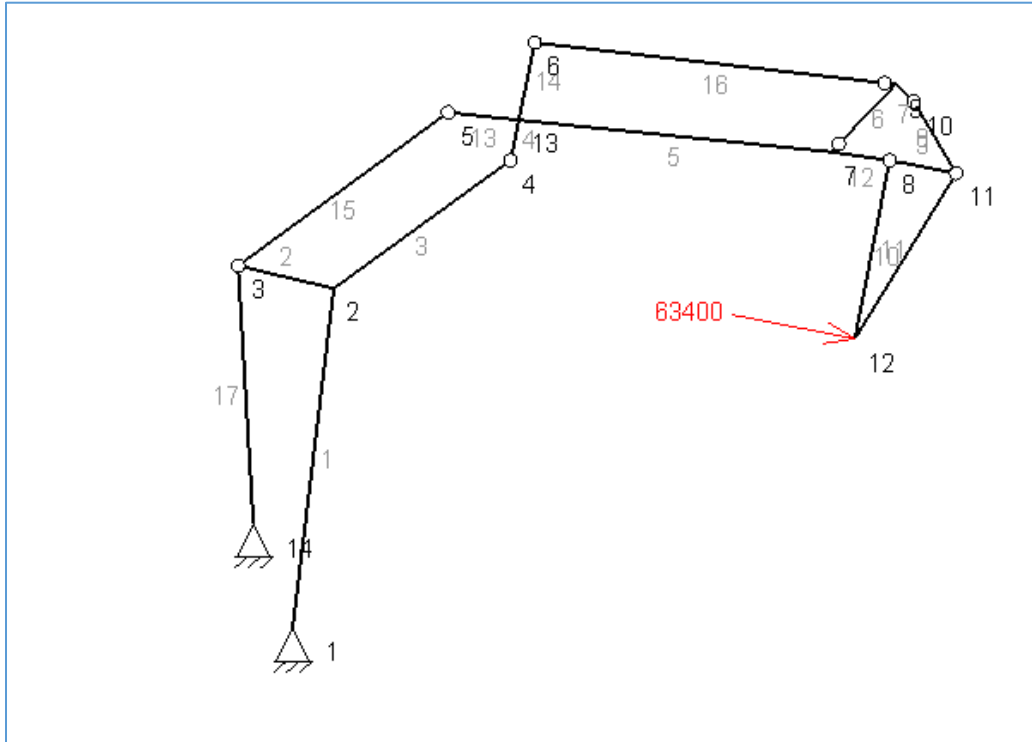


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	789,81	2617,89
6	1230,05	2972,04
7	2736,7	2417,23
8	3033,65	2374,53
11	3335,39	2207,27
10	3189,9	2606,59
9	3113,95	2705,86
12	2586,36	1567,6

Posición 1.4

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 11 grados.

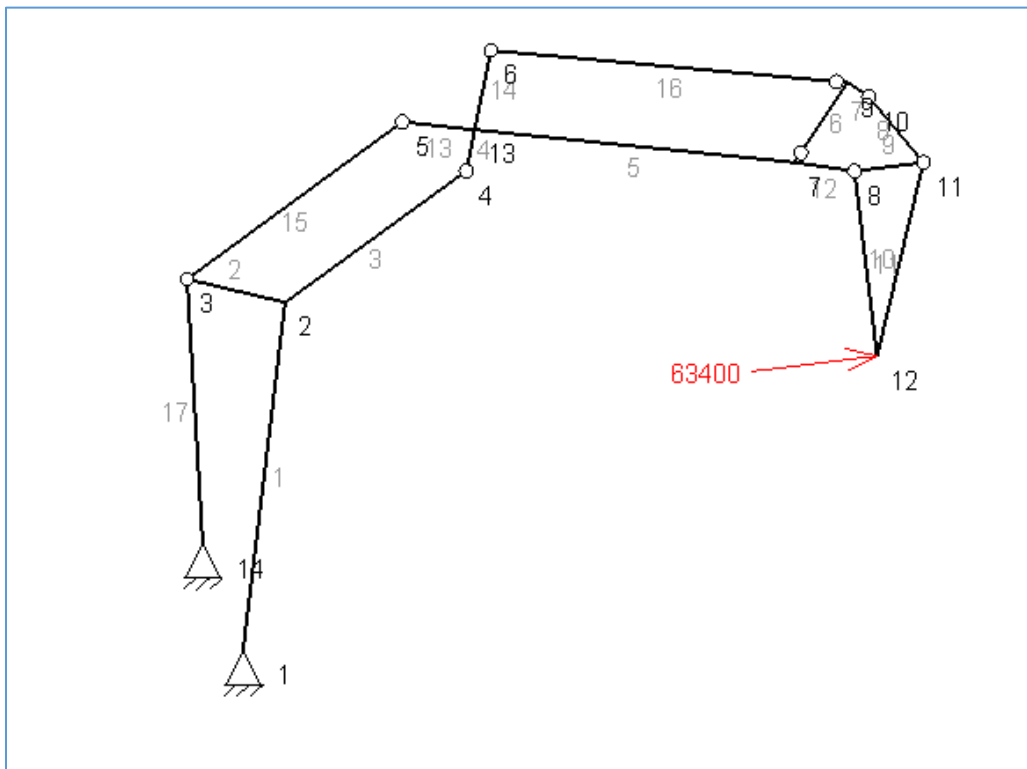


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	789,81	2617,89
6	1230,05	2972,04
7	2736,7	2417,23
8	3033,65	2374,53
11	3372,31	2308,7
10	3155,33	2674,13
9	3064,99	2760,53
12	2857,6	1468,87

Posición 1.5

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 7 grados.

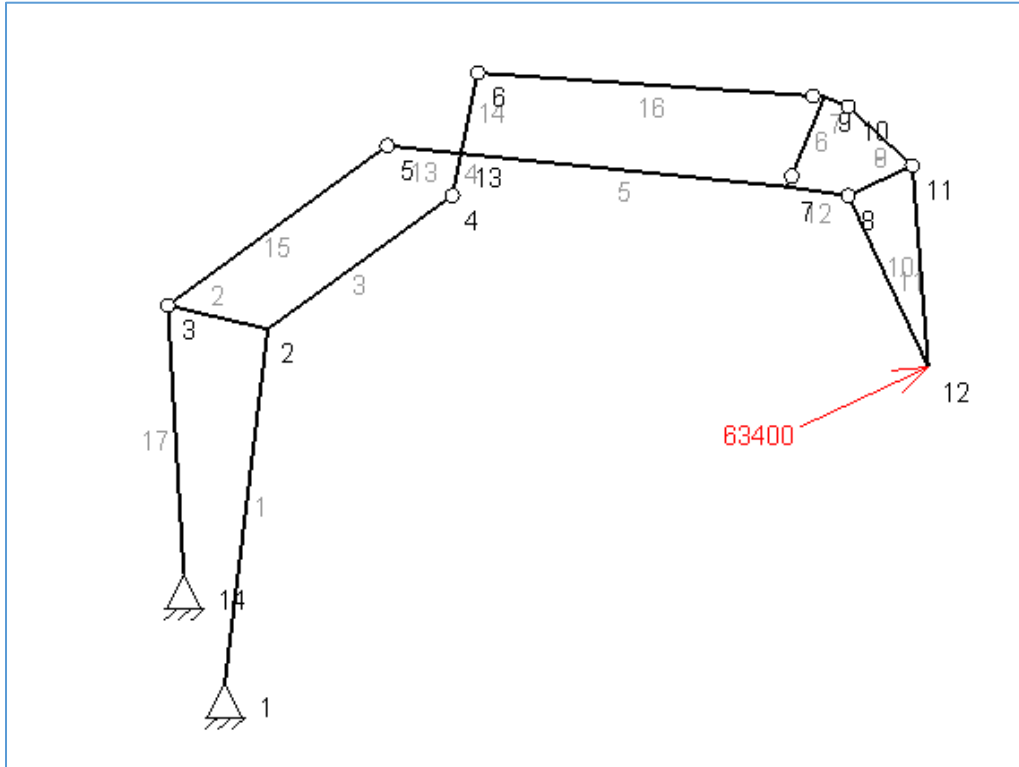


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	789,81	2617,89
6	1230,05	2972,04
7	2736,7	2417,23
8	3033,65	2374,53
11	3376,07	2416,57
10	3104,13	2743,18
9	3000,11	2812,5
12	3146,08	1458,8

Posición 1.6

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 25 grados.

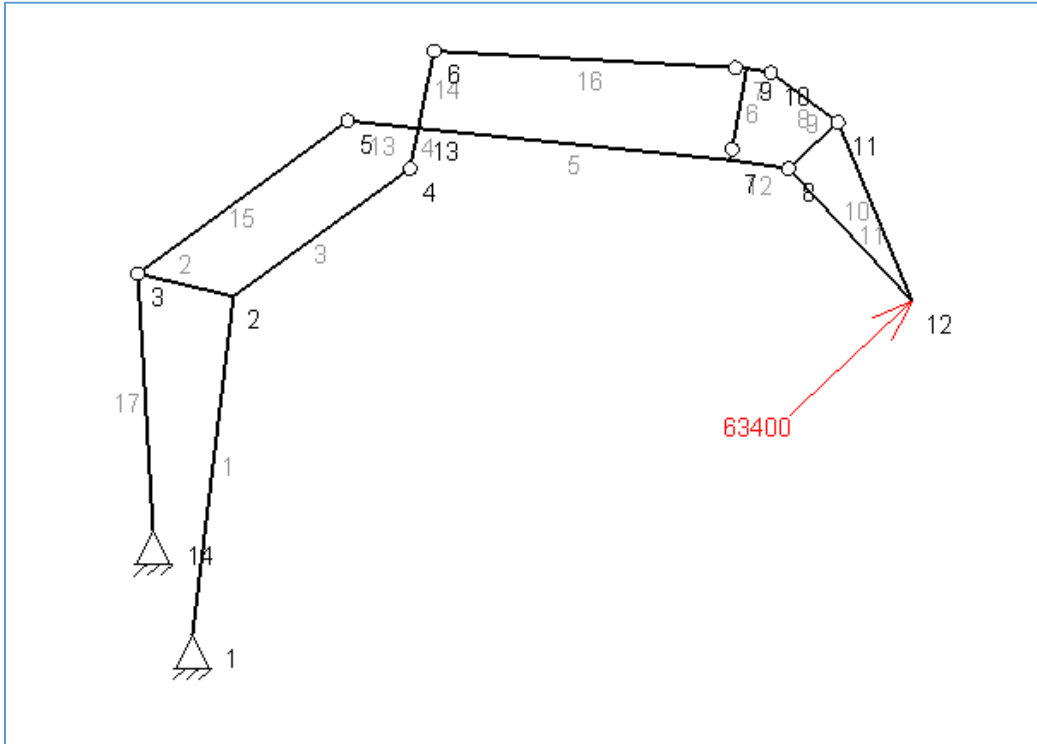


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	789,81	2617,89
6	1230,05	2972,04
7	2736,7	2417,23
8	3033,65	2374,53
11	3346,32	2520,33
10	3033,8	2808,35
9	2918,3	2856,14
12	3423,56	1538,36

Posición 1.7

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 43 grados.

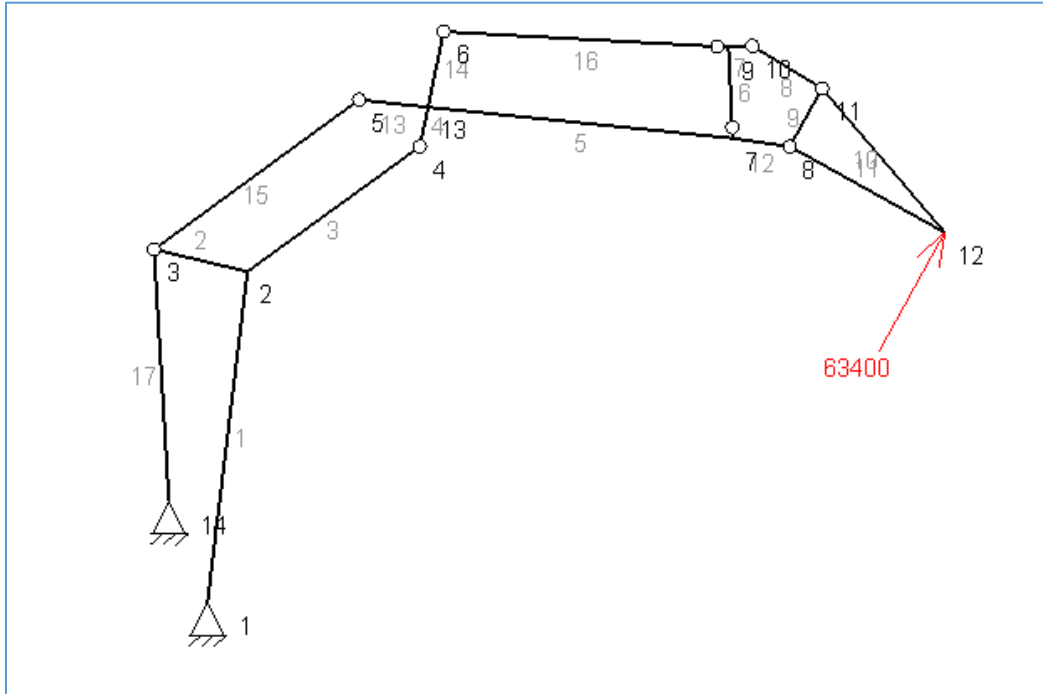


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	789,81	2617,89
6	1230,05	2972,04
7	2736,7	2417,23
8	3033,65	2374,53
11	3285,96	2609,82
10	2944,18	2862,42
9	2821,18	2884,66
12	3662,86	1699,78

Posición 1.8

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 61 grados.

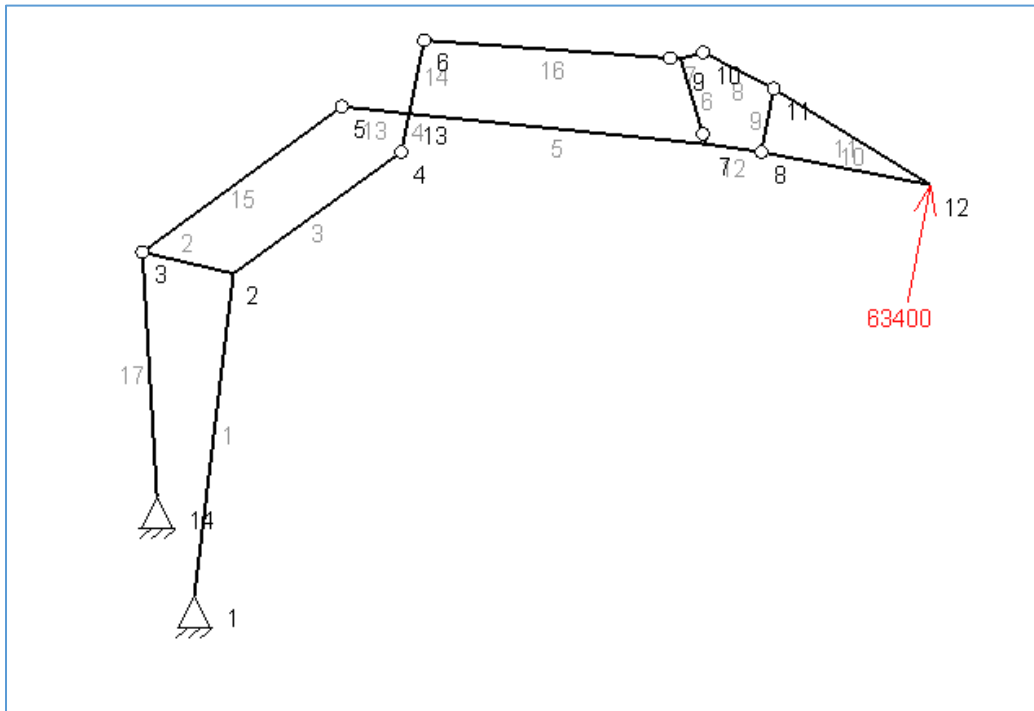


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	789,81	2617,89
6	1230,05	2972,04
7	2736,7	2417,23
8	3033,65	2374,53
11	3200,91	2676,27
10	2838,21	2897,8
9	2713,36	2891,65
12	3840,57	1927,24

Posición 1.9

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje vertical es de 7 grados.

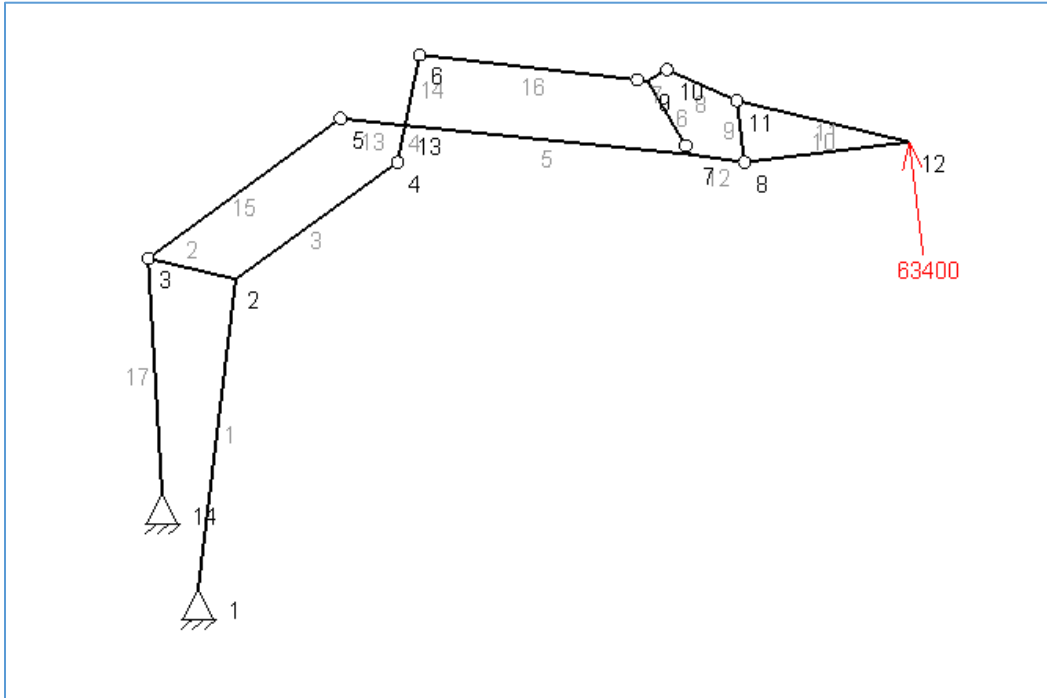


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	789,81	2617,89
6	1230,05	2972,04
7	2736,7	2417,23
8	3033,65	2374,53
11	3099,48	2713,19
10	2721,84	2908,17
9	2601,98	2872,72
12	3939,3	2198,49

Posición 1.10

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 83 grados.

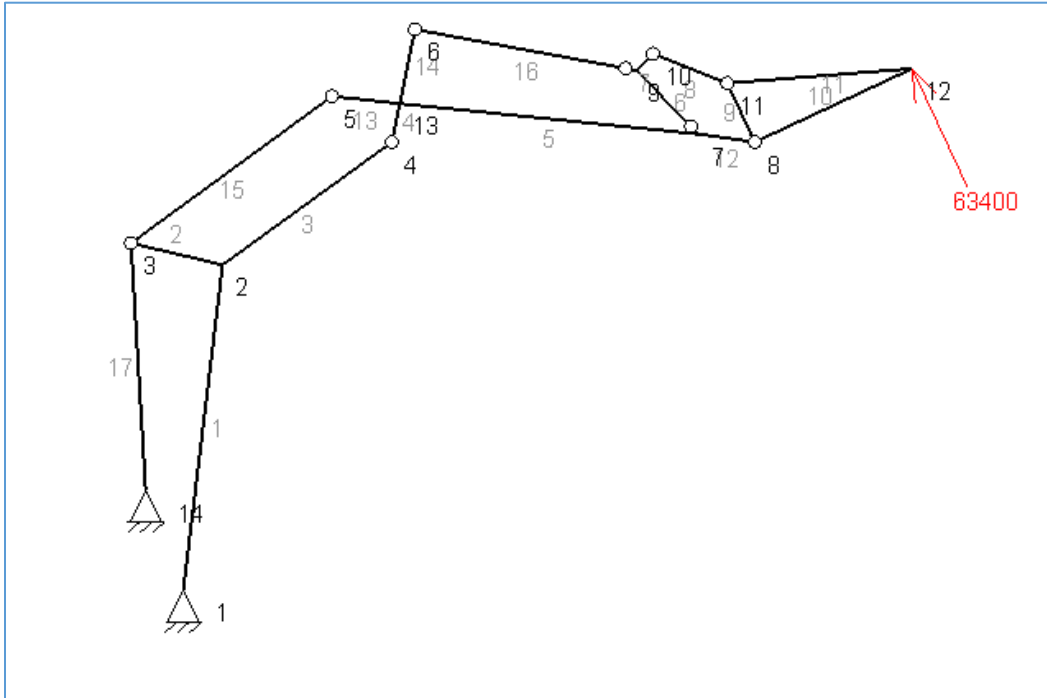


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	789,81	2617,89
6	1230,05	2972,04
7	2736,7	2417,23
8	3033,65	2374,53
11	2991,6	2716,95
10	2603,41	2889,97
9	2495,7	2826,55
12	3949,37	2486,96

Posición 1.11

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 65 grados.



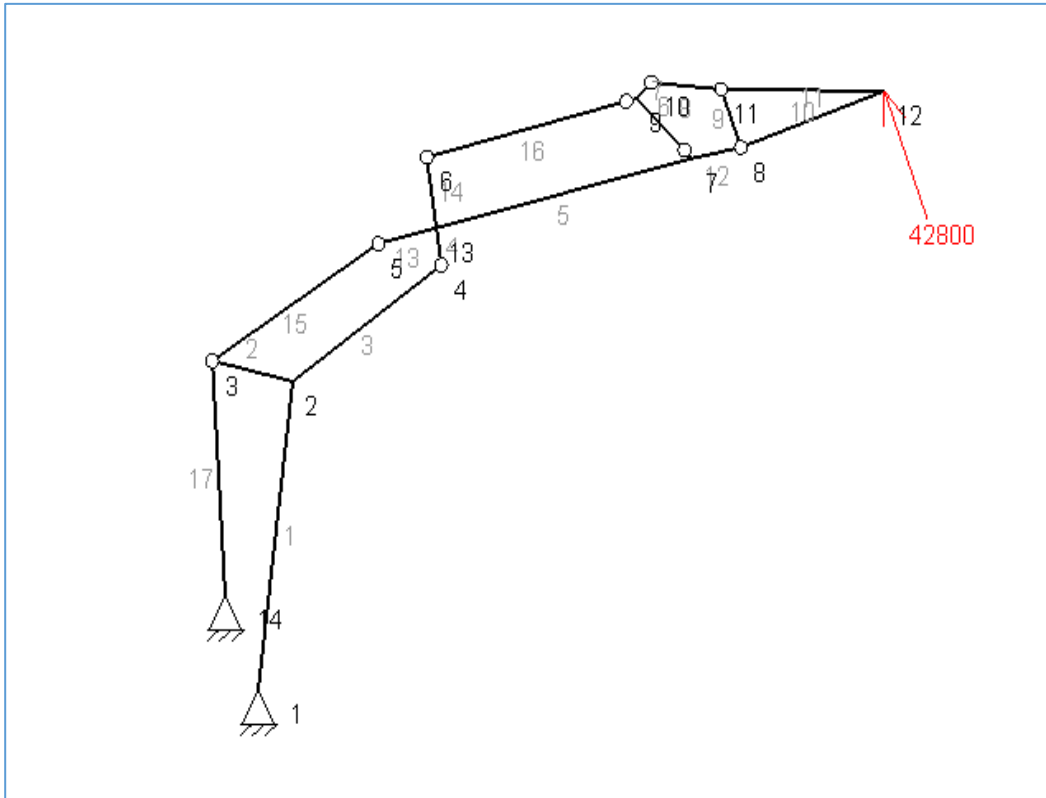
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	789,81	2617,89
6	1230,05	2972,04
7	2736,7	2417,23
8	3033,65	2374,53
11	2887,84	2687,2
10	2492,61	2843,45
9	2403,52	2755,77
12	3869,81	2764,44

1.2 Estudio geométrico del movimiento del balancín

Posición 2.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 70 grados.

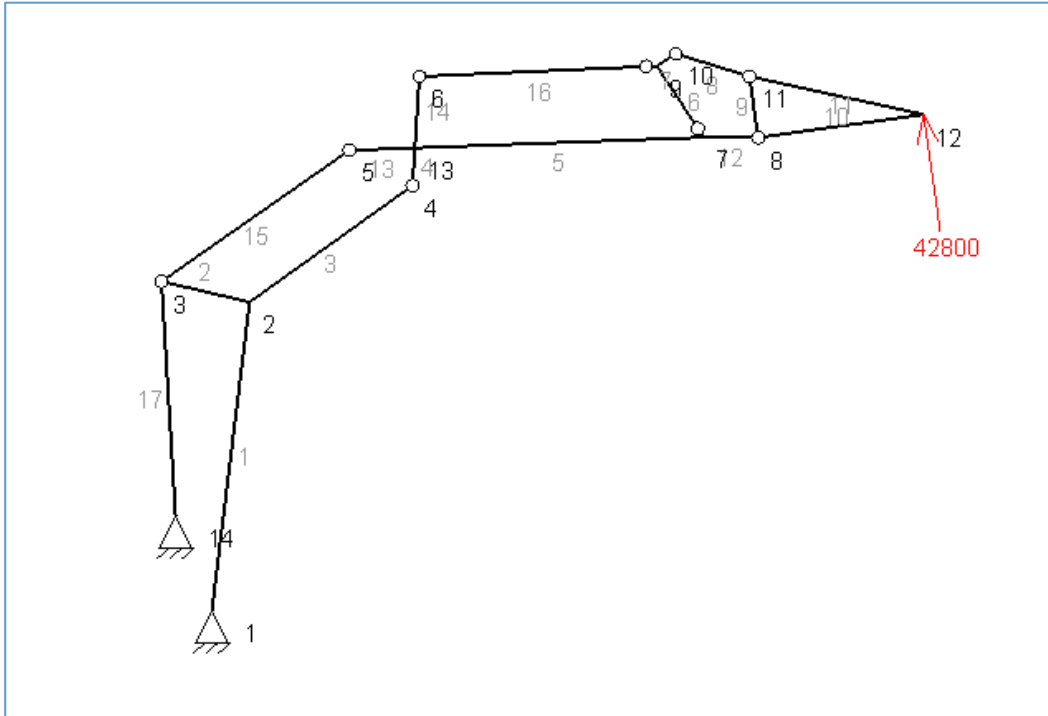


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	725,72	2494,64
6	1018,28	2978
7	2623,83	2971,95
8	2287,86	3307,74
9	2917,47	3033,39
10	2376,23	3396,15
11	2799,47	3357,58
12	3784,44	3348,94

Posición 2.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 82 grados.

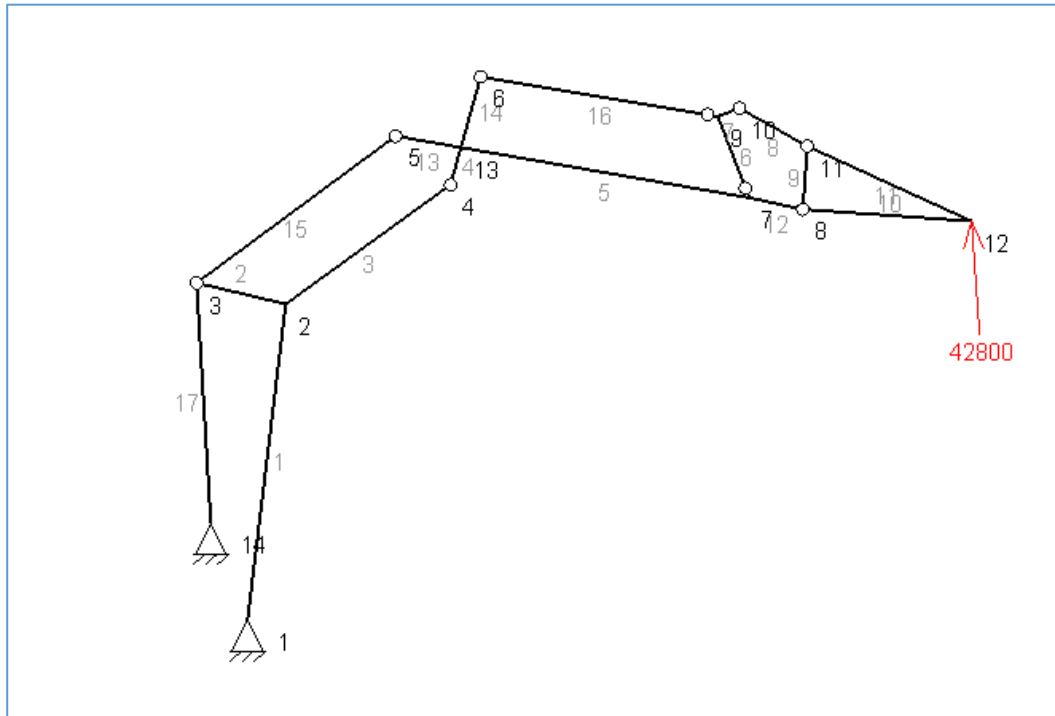


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	759,03	2571,34
6	1145,69	2983,31
7	2714,9	2643,59
8	2456,09	3041,88
9	3014,9	2642,63
10	2560,91	3109,99
11	2966,88	2984,27
12	3928,52	2771,03

Posición 2.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 86 grados.

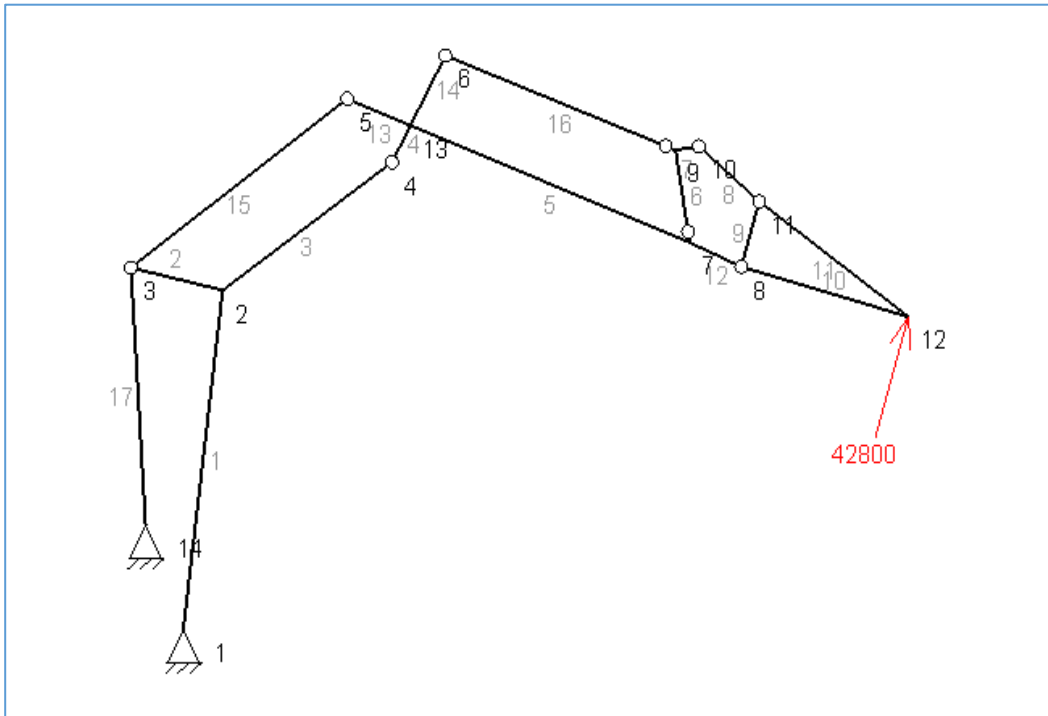


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	807,56	2639,44
6	1271,43	2962,02
7	2735,71	2303,46
8	2565,37	2746,86
9	3028,95	2240,15
10	2682,05	2791,69
11	3053,02	2584,31
12	3949,31	2175,79

Posición 2.4

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 74 grados.

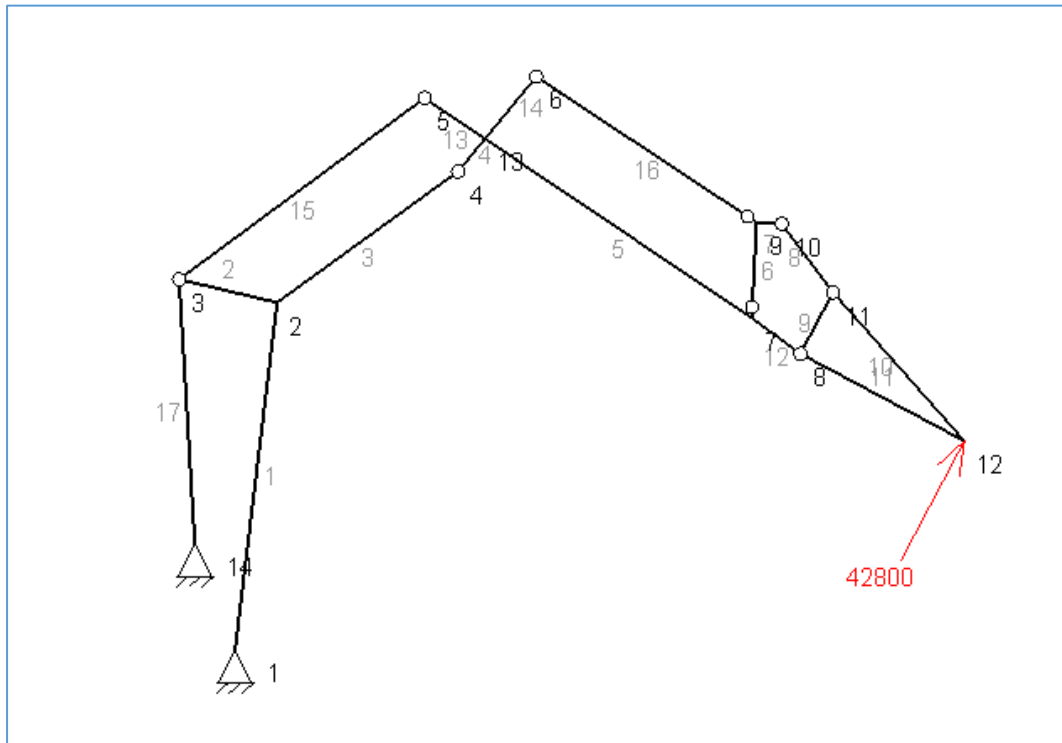


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	869,19	2695,97
6	1389,99	2915,05
7	2685,35	1966,44
8	2610,92	2435,57
9	2959,02	1843,54
10	2734,37	2455,16
11	3054,12	2175,18
12	3845,89	1589,24

Posición 2.5

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 62 grados.

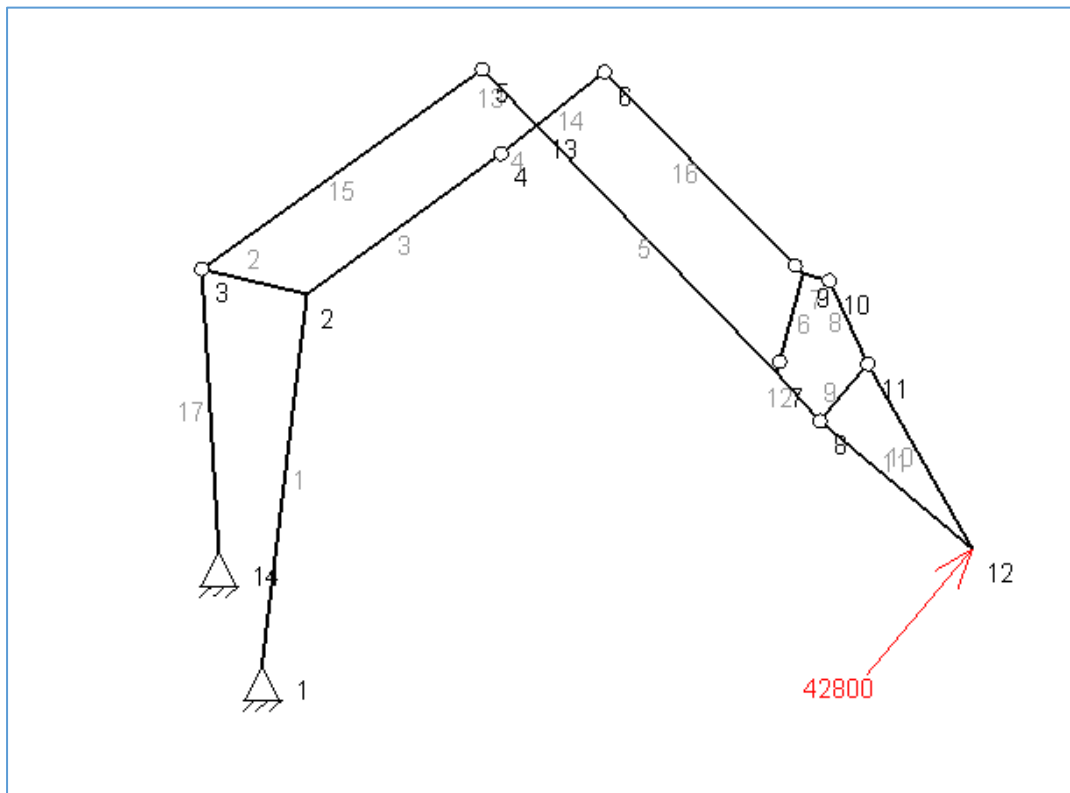


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	941,22	2738,44
6	1496,19	2844,46
7	2566,02	1647,25
8	2590,75	2121,61
9	2808,16	1470,14
10	2715,58	2115,1
11	2970,13	1774,76
12	3622,77	1037,01

Posición 2.6

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 50 grados.

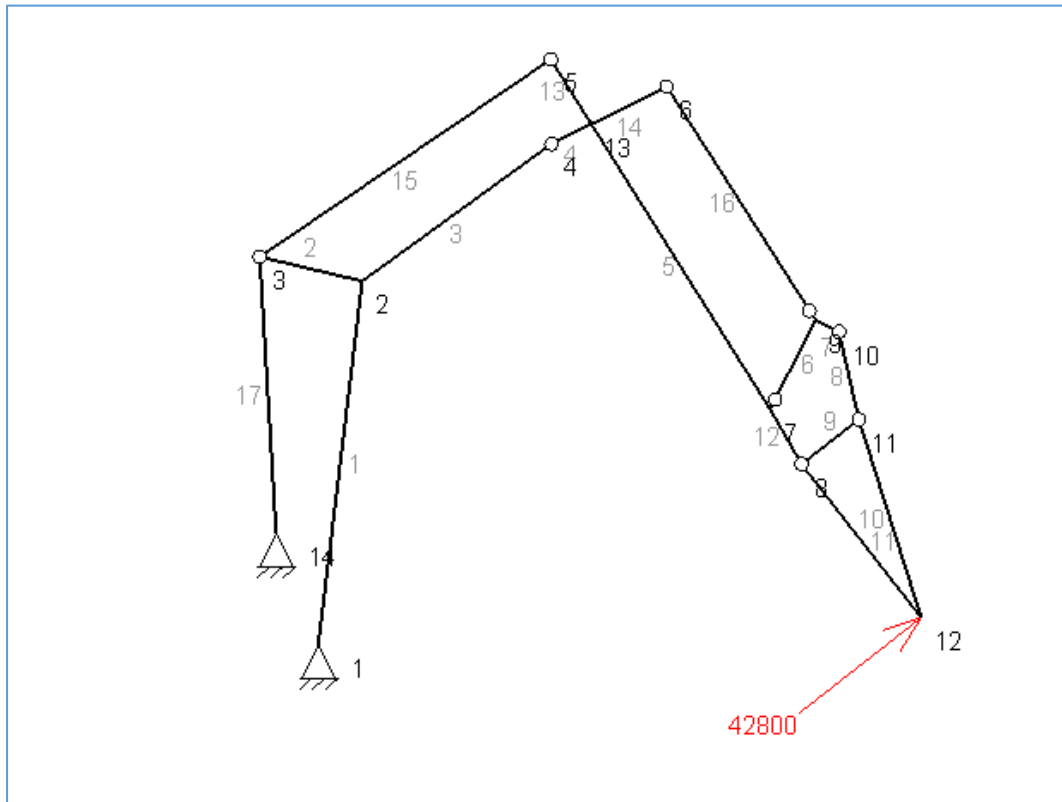


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	1020,51	2765,01
6	1585,39	2753,32
7	2382,93	1359,85
8	2505,75	1818,7
9	2582,96	1136,27
10	2626,5	1786,38
11	2804,72	1400,55
12	3289,71	543,23

Posición 2.7

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 38 grados.

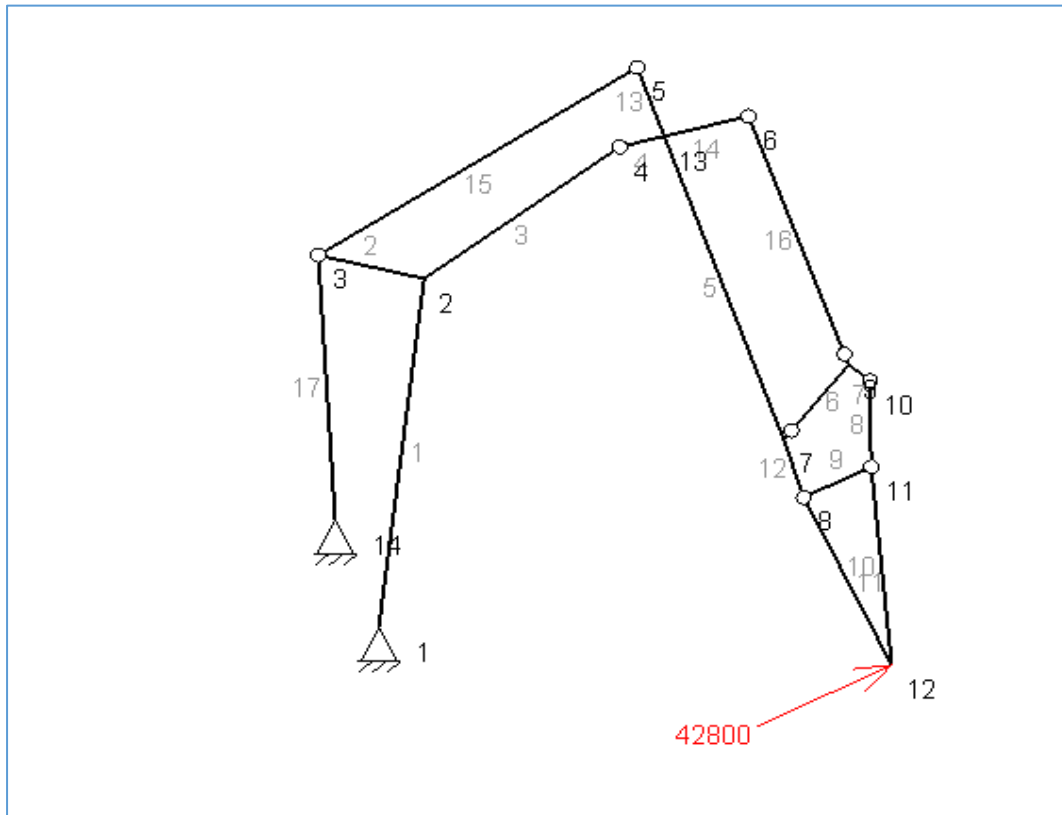


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	1103,6	2774,51
6	1653,7	2645,64
7	2144,09	1116,8
8	2359,62	1540,08
9	2293,26	856,51
10	2471,02	1483,37
11	2565,13	1068,92
12	2861,27	129,49

Posición 2.8

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 26 grados.

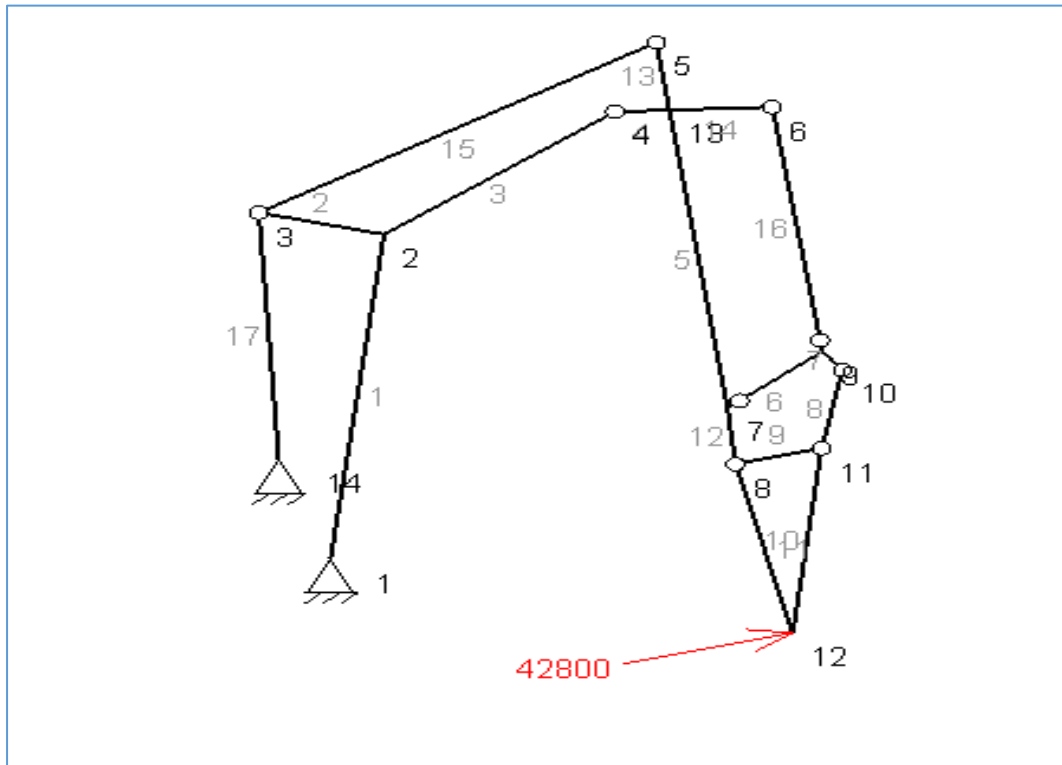


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	1186,84	2766,53
6	1698,13	2526,1
7	1859,94	928,71
8	2158,77	1297,94
9	1951,73	643,1
10	2255,93	1219,3
11	2261,82	794,34
12	2356,18	-186,13

Posición 2.9

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 14 grados.

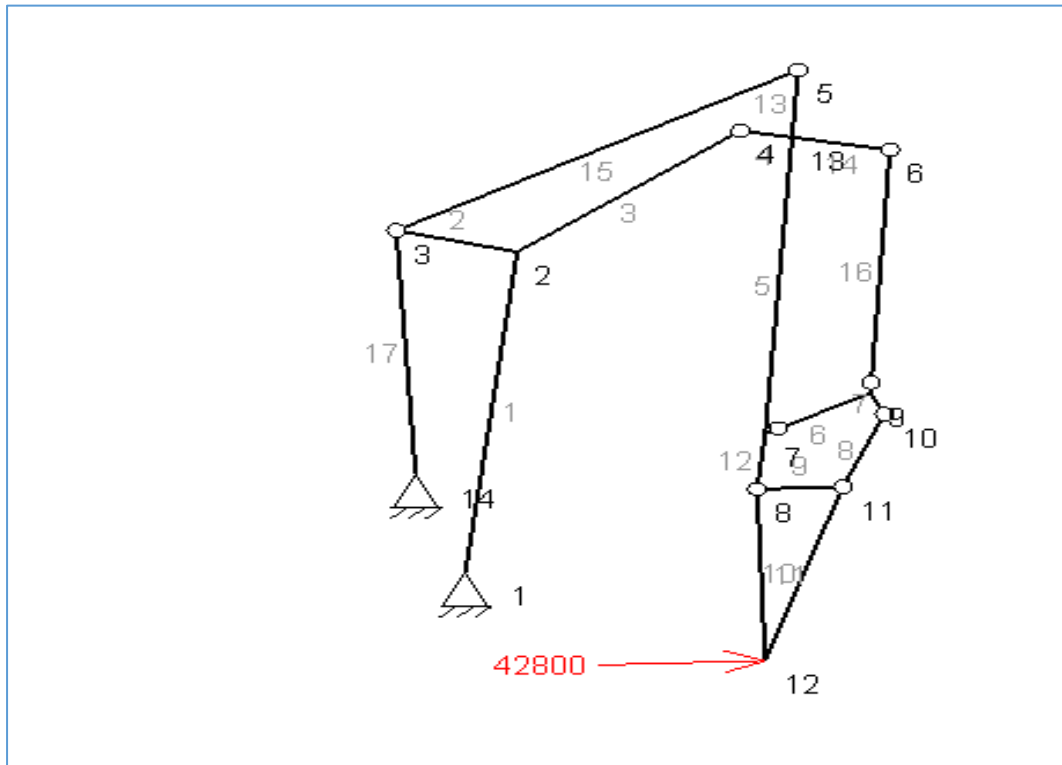


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	1266,6	2741,42
6	1716,73	2399,94
7	1542,89	803,82
8	1911,95	1102,84
9	1573,29	505,36
10	1990,64	1005,12
11	1908,05	588,83
12	1796,49	-389,84

Posición 2.10

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 2 grados.

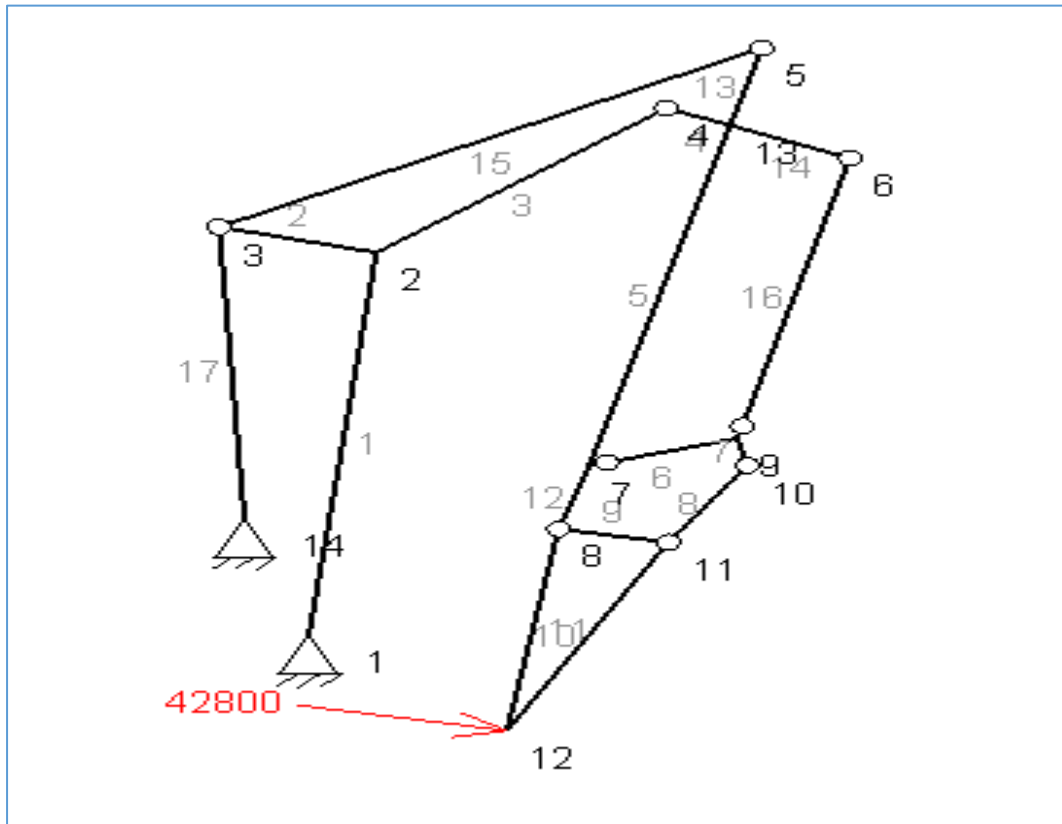


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	1339,4	2700,27
6	1708,7	2272,67
7	1206,8	747,57
8	1629,97	963,33
9	1174,49	449,31
10	1686,75	851,97
11	1519,28	461,35
12	1206,69	-472,73

Posición 2.11

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 10 grados.



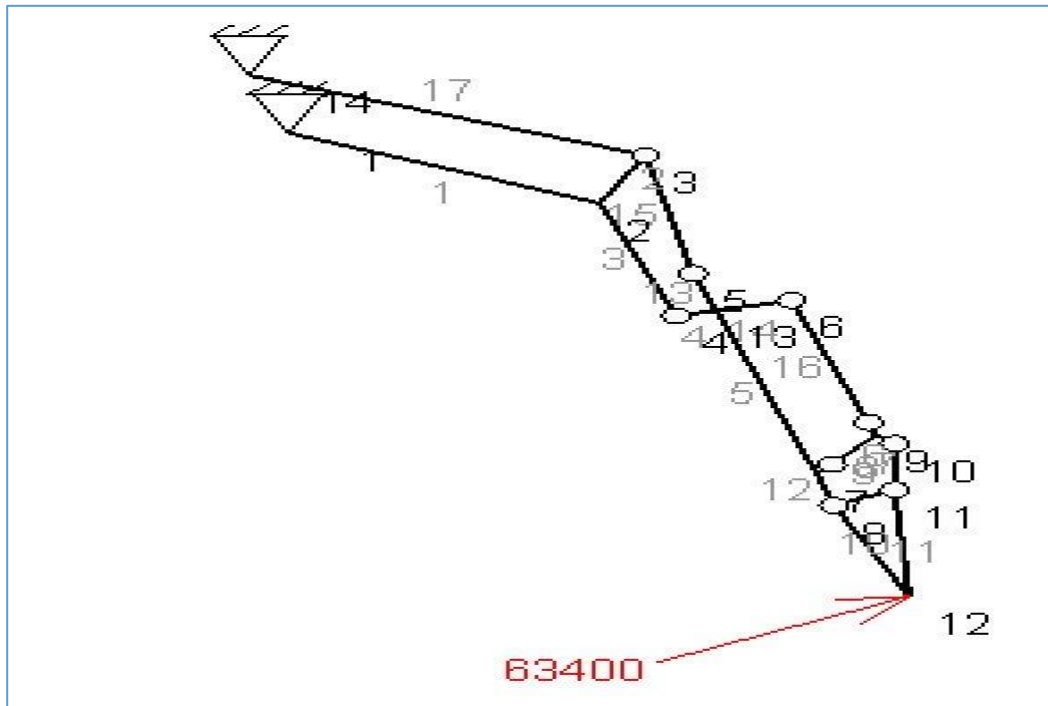
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	1402,05	2644,89
6	1674,37	2149,84
7	866,36	762,42
8	1325,14	885,48
9	772,74	477,4
10	1357,52	764,75
11	1112,5	417,49
12	612,53	-431,18

1.3 Estudio geométrico del movimiento de la pluma

Posición 3.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 25 grados.

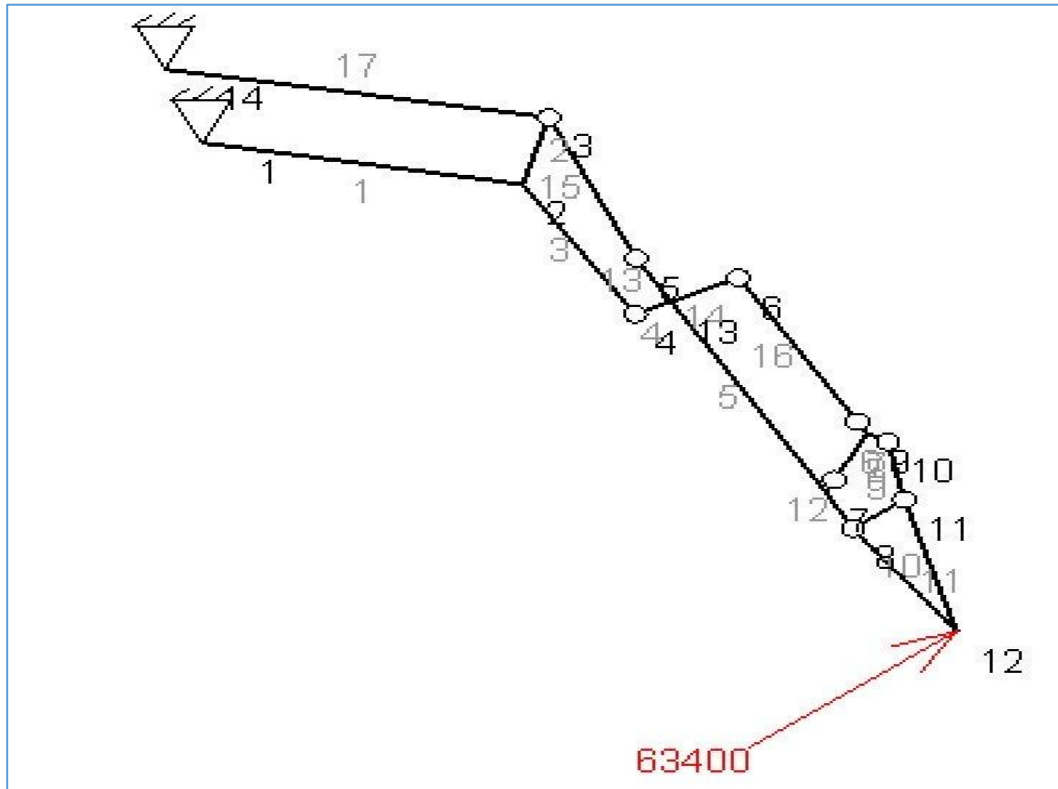


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-277,87	1839,13
2	208,7	1724
4	1107,26	2374,53
5	759,03	2571,34
6	1145,69	2983,31
7	2714,9	2643,59
8	2456,09	3041,88
11	3014,9	2642,63
10	2560,91	3109,99
9	2966,88	2984,27
12	3928,52	2771,03

Posición 3.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 37 grados.

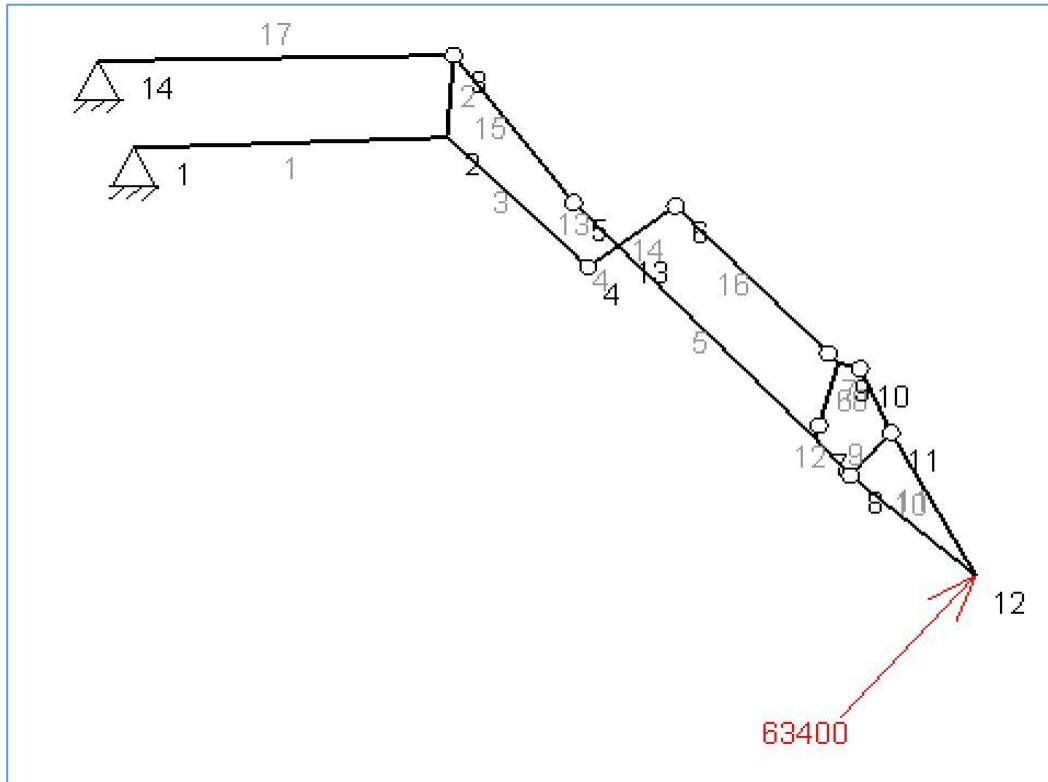


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1851,15	181,23
2	1710,7	-298,63
4	2313,32	-1230,01
5	2316,63	-830,03
6	2864,41	-968,48
7	3328,046	-2505,64
8	3472,65	-2768,49
11	3748,18	-2560,86
10	3661,317	-2144,84
9	3550,93	-2086,18
12	4027,88	-3505,32

Posición 3.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 49 grados.

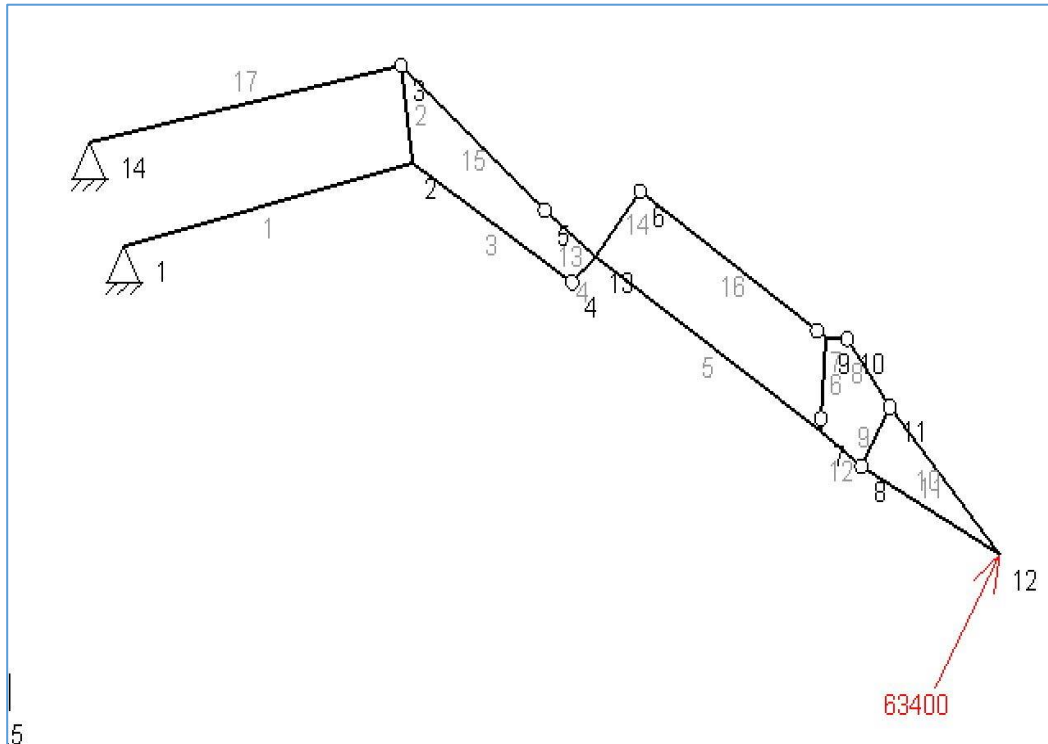


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1773,017	562,14
2	1735,4	63,56
4	2518,5	-722,17
5	2438,58	-330,23
6	3003,17	-351,77
7	3776,27	-1758,95
8	3972,36	-1985,99
11	4198,7	-1725,61
10	4027,24	-1336,74
9	3907,079	-1302,31
12	4668,66	-2591,27

Posición 3.4

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 61 grados.

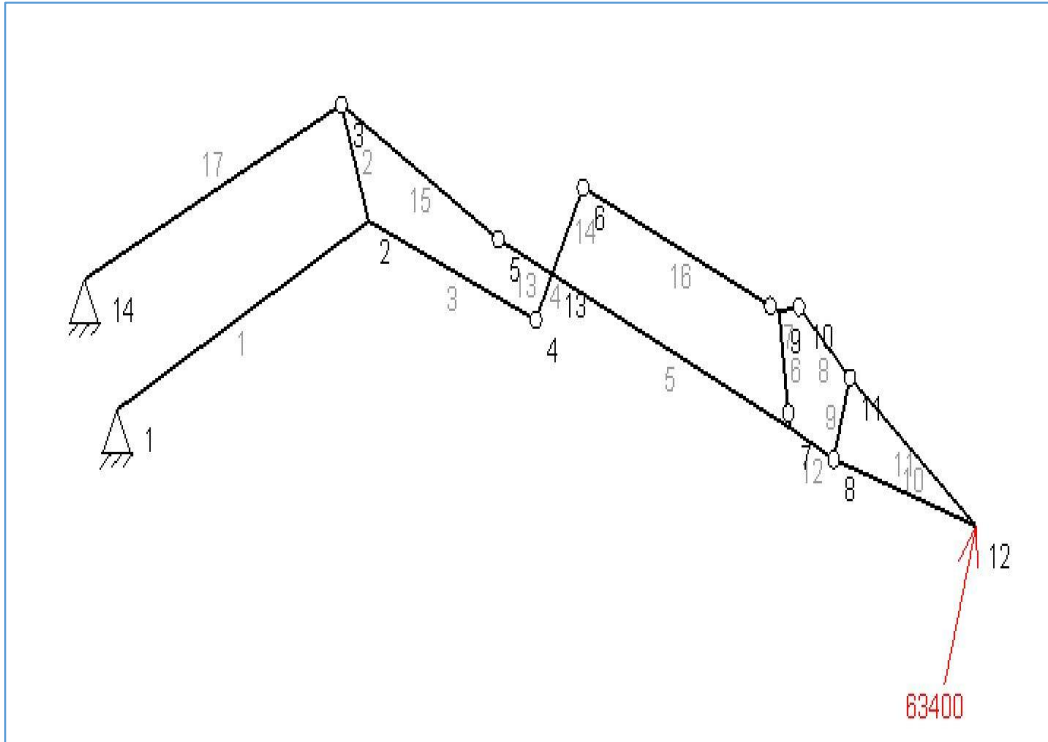


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1617,39	918,49
2	1684,26	422,98
4	2613,61	-182,76
5	2453,95	183,99
6	3010,68	280,3
7	4059,46	-935,38
8	4298,47	-1116,69
11	4465,73	-814,94
10	4217,16	-470,21
9	4092,46	-461,53
12	5105,4	-1563,98

Posición 3.5

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 73 grados.

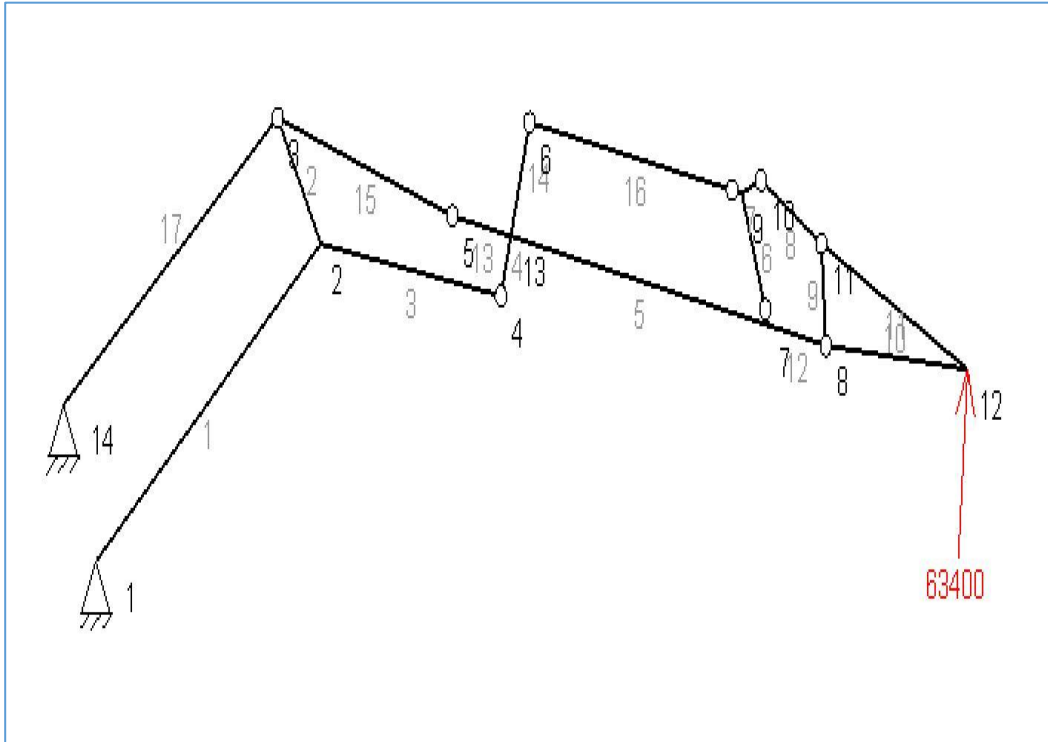


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1391,08	1234,69
2	1559,51	763,92
4	2594,5	364,63
5	2362,079	690,17
6	2886,61	900,14
7	4165,22	-70,93
8	4436,71	-198,58
11	4537,58	131,33
10	4222,77	416,85
9	4098,99	399,425
12	5319	-468,33

Posición 3.6

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 85 grados.

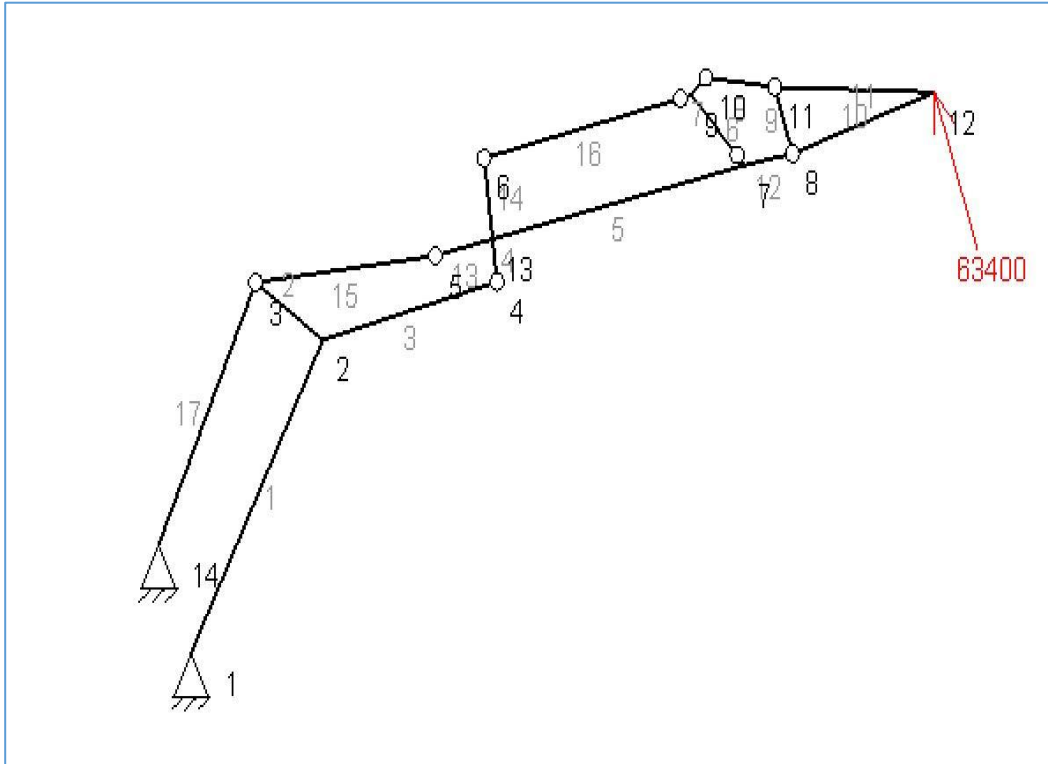


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1103,97	1496,94
2	1366,6	1071,46
4	2461,99	896,092
5	2166,96	1166,2
6	2636,38	1480,63
7	4088,95	796,61
8	4381,05	728,19
11	4411,11	1071,88
10	4043,82	1285,71
9	3926,37	1242,92
12	5300,14	647,78

Posición 3.8

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 71 grados.

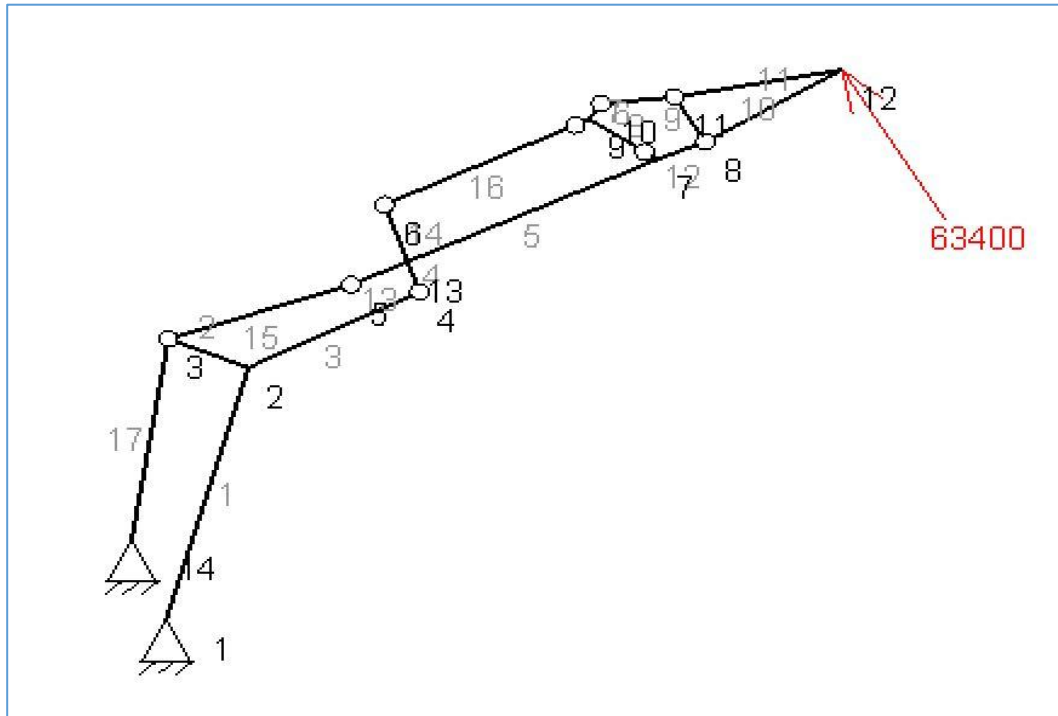


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	399,67	1816,55
2	812,65	1534,68
4	1884,67	1820
5	1505,28	1946,76
6	1806,23	2424,94
7	3411,43	2390,87
8	3706,1	2447,17
11	3593,78	2773,37
10	3171,27	2819,32
9	3081,38	2732,47
12	4578,44	2747,54

Posición 3.9

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 59 grados.

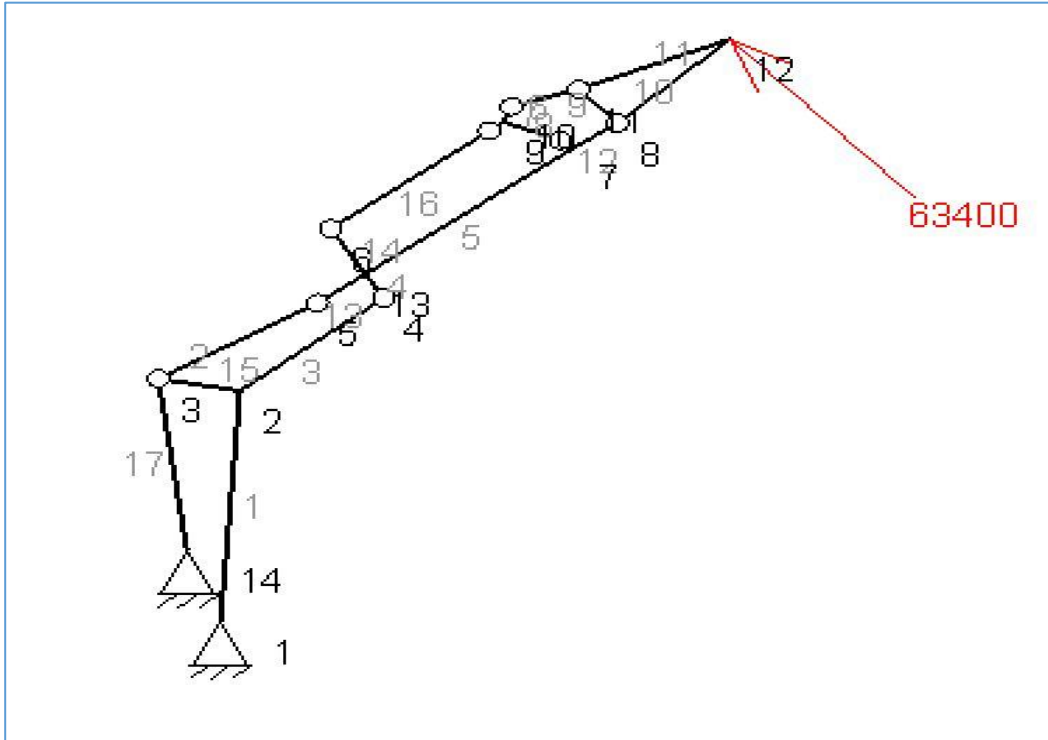


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	13,25	1859,95
2	475,81	1670,1
4	1465,085	2172,07
5	1067,63	2217,18
6	1262,59	2747,48
7	2839,79	3047,9
8	3116,32	3164,24
11	2938,63	3459,96
10	2515,8	3417,06
9	2445,93	3313,41
12	3907,14	3639,41

Posición 3.10

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 47 grados.

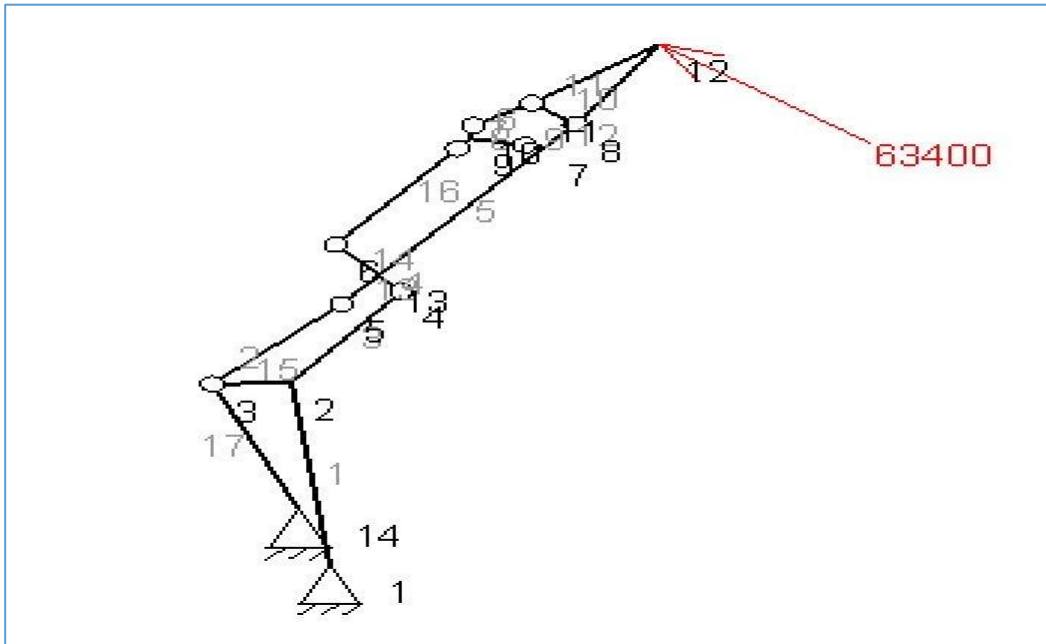


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-373,73	1822,064
2	118,18	1732,53
4	981,46	2429,22
5	583,32	2390,71
6	663,76	2949,95
7	2144,04	3571,72
8	2390,33	3743,013
11	2155,049	3995,33
10	1750,37	3865,45
9	1703,58	3749,54
12	3065,089	4372,22

Posición 3.11

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 35 grados.



Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	-744,39	1704,54
2	-244,61	1719,25
4	454,95	2580,19
5	73,52	2459,74
6	35,92	3023,49
7	1354,58	3939,44
8	1559,88	4158,19
11	1277,28	4356,08
10	908,45	4144,91
9	886,78	4021,8
12	2089,07	4913,95

1.4 Conclusiones de primer estudio geométrico

Una vez realizadas las anteriores posiciones y observando sus resultados podemos ver cuál sería la zona de trabajo de la máquina, ya que en según qué posiciones los esfuerzos son muy grandes. Así que realizare otra serie de posiciones en el cual estén dentro de la zona de trabajo.

Ya que las posiciones fuera de la zona de trabajo nos proporciona unas dimensiones enormes, ya que la maquina no tiene la misma fuerza de excavación en según qué posiciones.

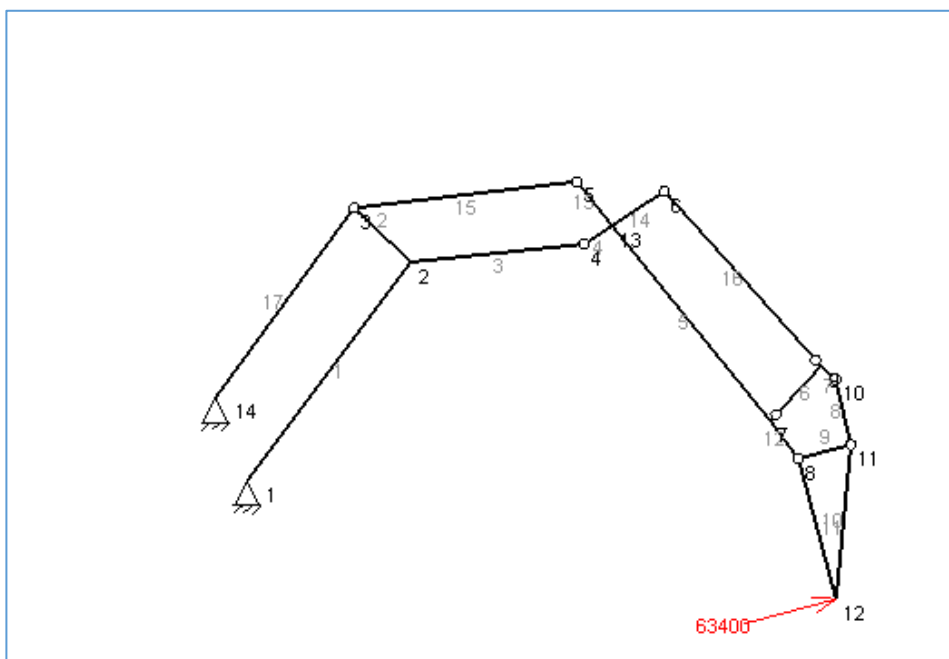
2. Segundo estudio geométrico.

En este segundo estudio analizaremos mediante el programa MEFI como en el anterior pero solamente en posiciones donde la maquina pueda estar en la zona de trabajo.

2.1 Posiciones de trabajo

Posición 1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 15 grados.



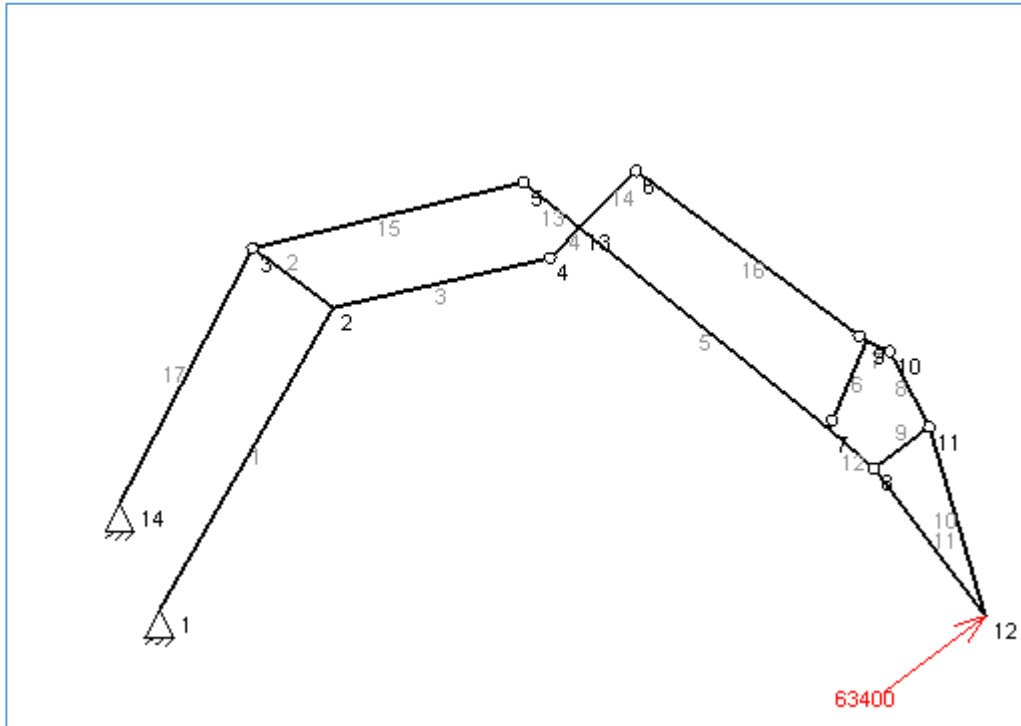
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	678,92	1731,66
2	1042,72	1388,66
4	2146,17	1502,77
5	2097,95	1899,32
6	2655,5	1838,45
7	3328,56	380,77
8	3508,33	140,60
11	3841,58	229,9
10	3743,59	643,45
9	3652,06	728,58

12	3747,12	-750,55
----	---------	---------

Posición 2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 37 grados.

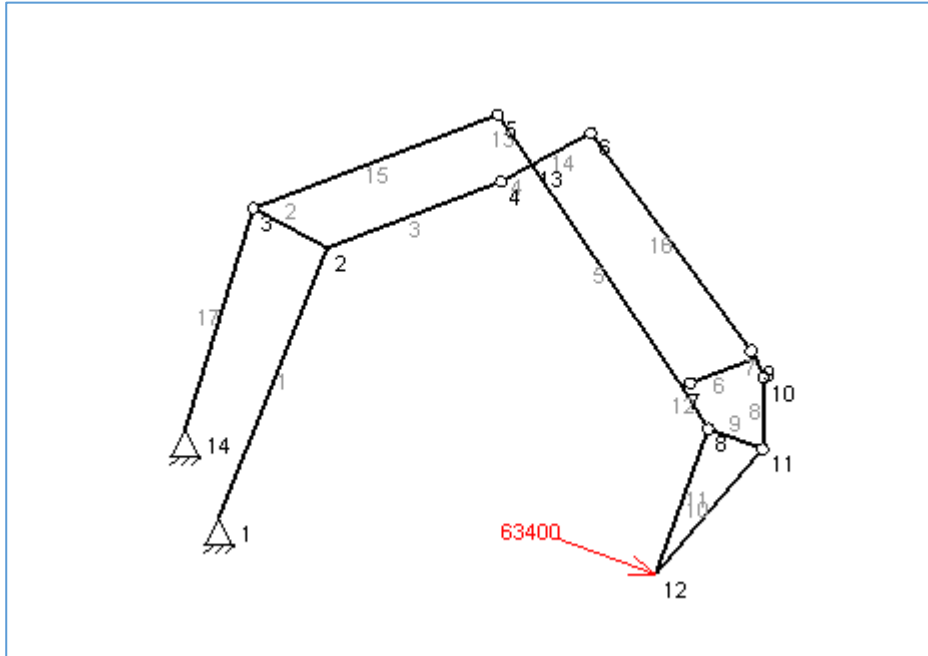


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	462,82	1801,49
2	865,71	1505,38
4	1947,039	1753,12
5	1813,35	2130,12
6	2375,44	2187,36
7	3336,85	901,47
8	3562,64	703,93
11	3838,17	911,56
10	3640,31	1287,69
9	3525,60	1337,36
12	4117,88	-32,88

Posición 4

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 20 grados.

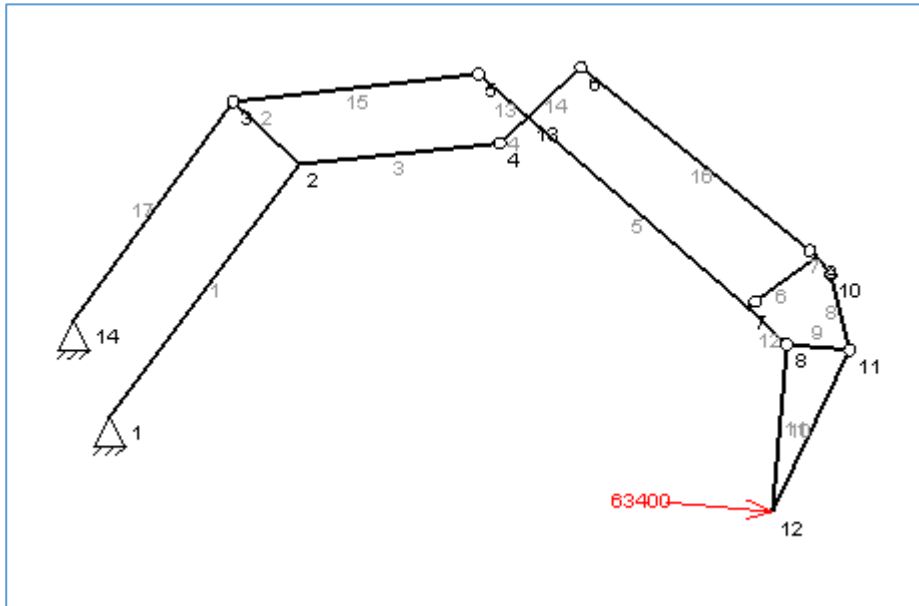


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	207,60	1848,37
2	647,78	1611,22
4	1684,10	2007,03
5	1666,48	2406,64
6	2220,75	2297,05
7	2764,19	786,26
8	2922,36	531,33
11	3246,55	413,34
10	3252,60	838,29
9	3208,16	955,13
12	2606,81	-335,62

Posición 5

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 5 grados.

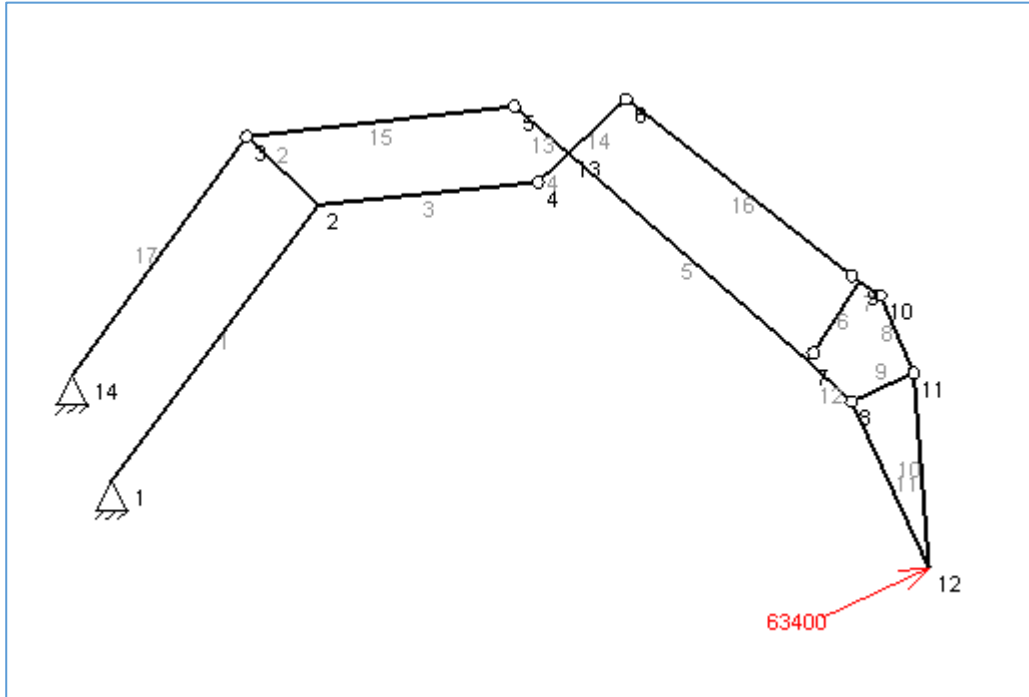


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	678,92	1731,66
2	1042,72	1388,66
4	2146,17	1502,77
5	2025,73	1884,20
6	2589,47	1921,79
7	3505,43	603,13
8	3724,18	397,84
11	4067,86	367,77
10	3963,72	779,81
9	3890,05	881,16
12	3643,77	-521,25

Posición 6

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 25 grados.

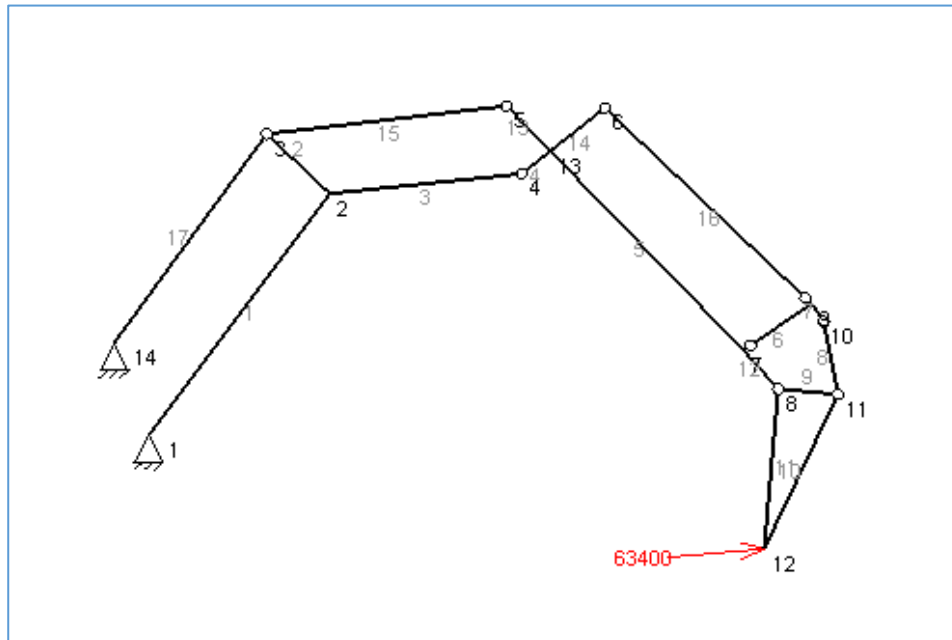


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	678,92	1731,66
2	1042,72	1388,66
4	2146,17	1502,77
5	2025,73	1884,20
6	2589,47	1921,79
7	3505,43	603,1
8	3724,18	397,84
11	4036,85	543,64
10	3868,54	933,89
9	3763,62	1001,83
12	4114,09	-438,32

Posición 7

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 5 grados.

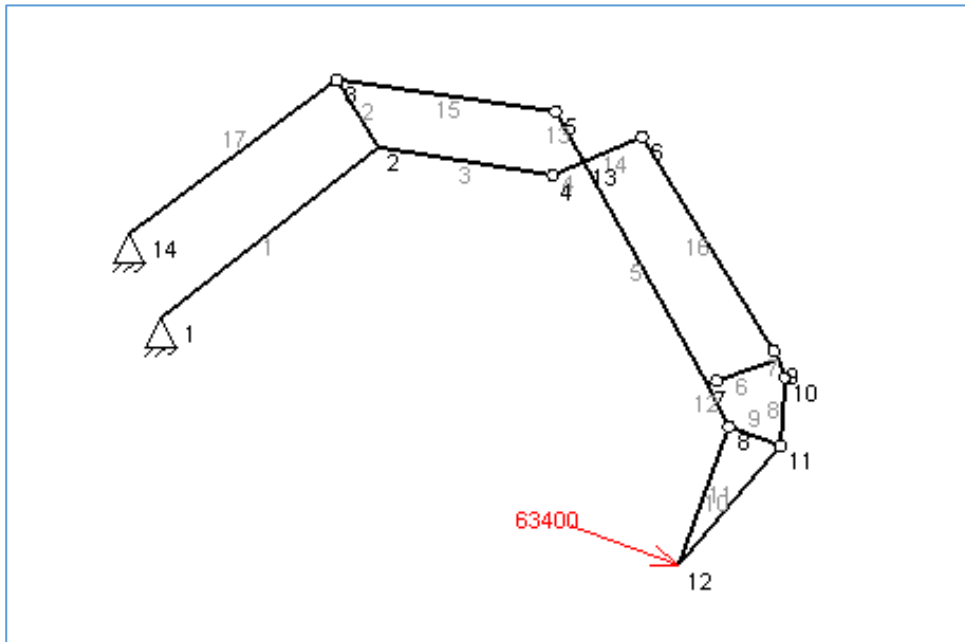


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	678,92	1731,66
2	1042,72	1388,66
4	2146,17	1502,77
5	2059,43	1893,25
6	2624,31	1881,56
7	3421,84	488,09
8	3621,87	264,51
11	3965,56	234,44
10	3884,96	651,73
9	3814,69	755,11
12	3541,46	-654,58

Posición 8

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 20 grados.

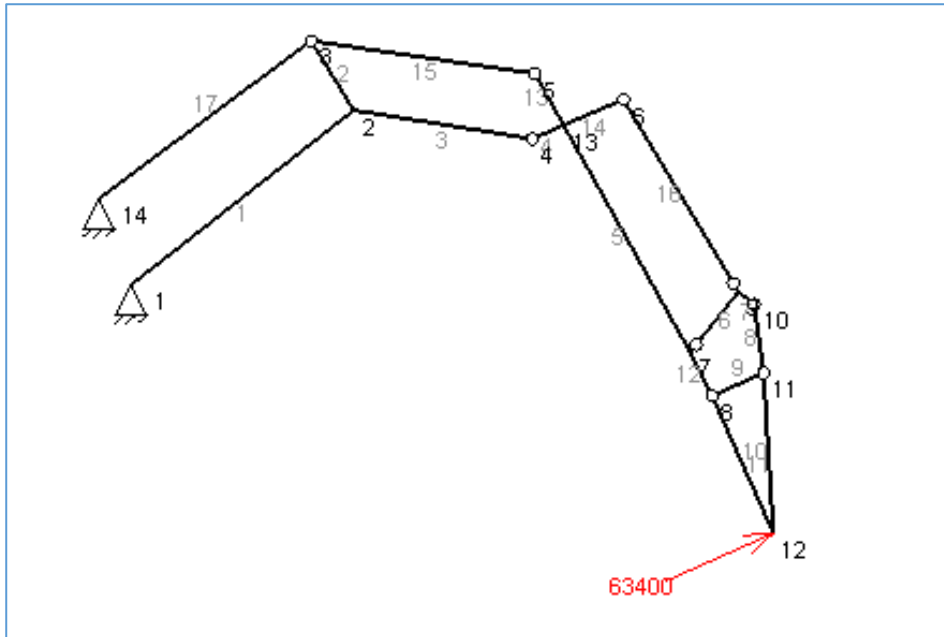


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1103,97	1496,94
2	1366,60	1071,46
4	2461,99	896,08
5	2479,26	1295,71
6	3021,87	1138,23
7	3431,58	-414,17
8	3566,92	-681,91
11	3891,11	-799,90
10	3921,26	-375,97
9	3880,15	-257,93
12	3251,37	-1548,87

Posición 9

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 24 grados.

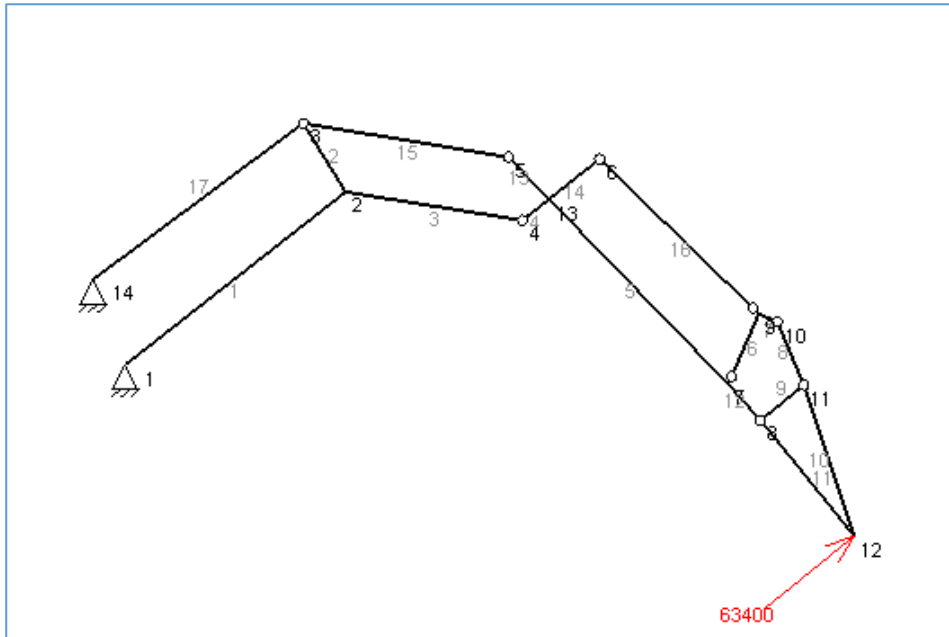


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1103,97	1496,94
2	1366,60	1071,46
4	2461,99	896,08
5	2479,26	1295,71
6	3021,87	1138,23
7	3431,58	-414,17
8	3566,92	-681,91
11	3882,09	-541,58
10	3825,22	-120,40
9	3727,42	-42,55
12	3942,18	-1524,75

Posición 10

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 39 grados.

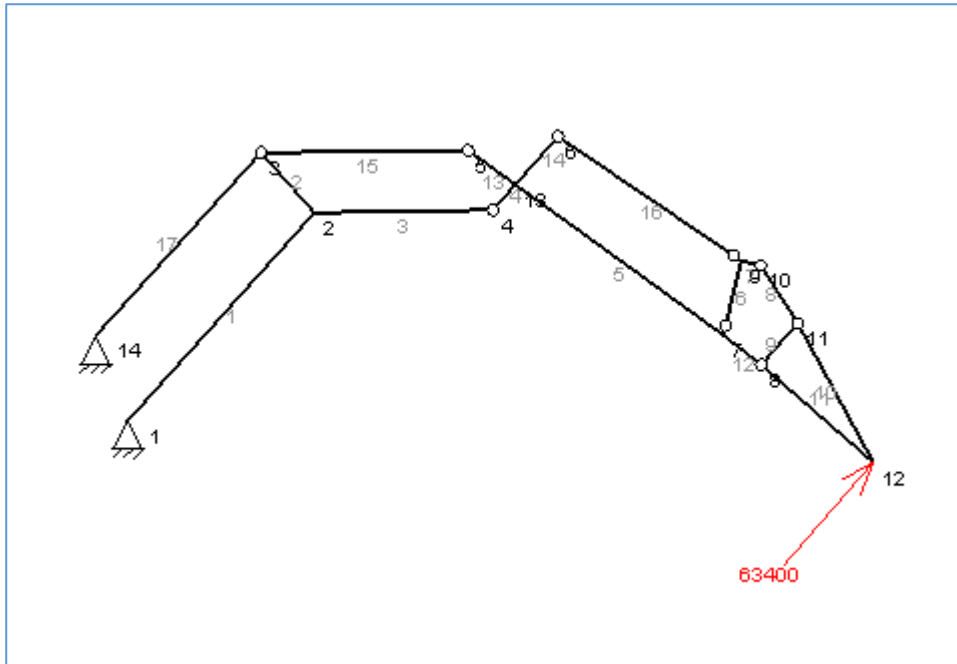


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1103,97	1496,94
2	1366,60	1071,46
4	2461,99	896,08
5	2375,24	1286,57
6	2940,12	1274,89
7	3737,66	-118,58
8	3937,69	-342,16
11	4205,80	-125,04
10	4041,86	267,05
9	3927,24	316,94
12	4518,30	-1059,16

Posición 11

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 49 grados.



Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

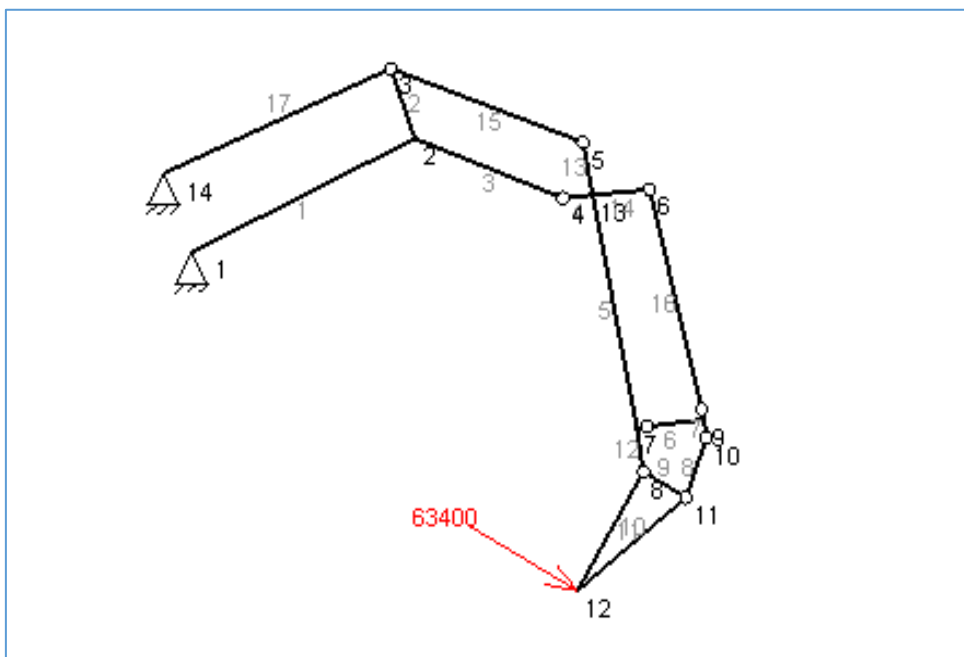
Puntos	X	Y
1	0	0
3	827,26	1665,90
2	1159,78	1292,49
4	2268,98	1310
5	2115,75	1679,48
6	2674,07	1766,07
7	3701,47	532,25
8	3937,28	346,80
11	4163,62	607,18
10	3934,08	964,86
9	3812,54	994,09
12	4633,58	-258,47

2.2 Posiciones de Trabajo combinadas.

En este apartado el estudio geométrico es una combinación de posiciones de las del primer estudio geométrico, elijo las posiciones más adecuadas que la maquina va utilizar.

Posición 1.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 30 grados.



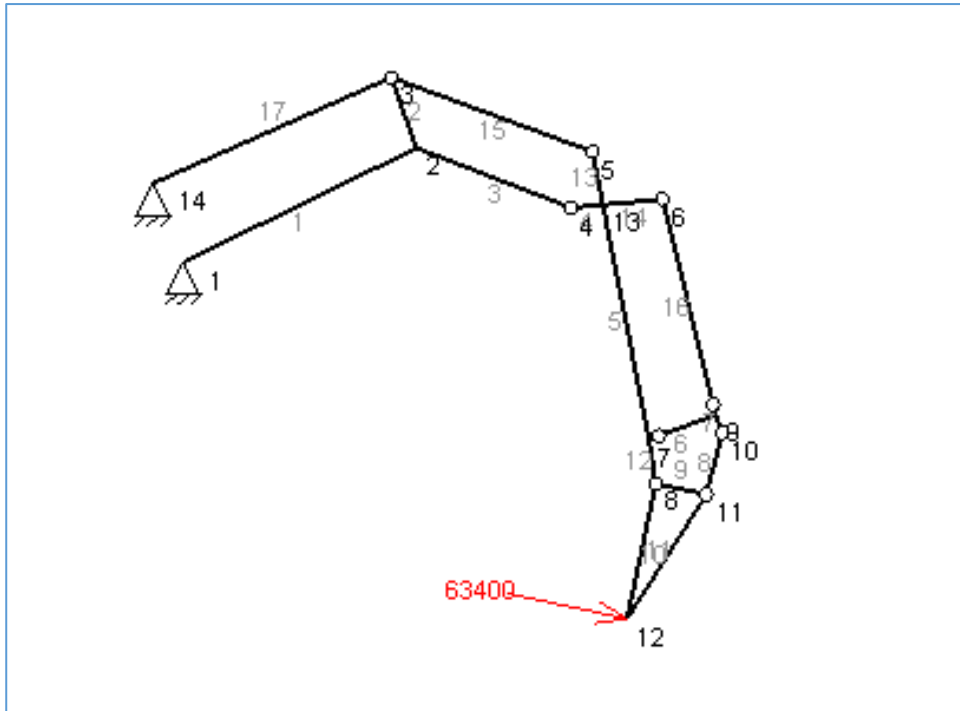
Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1391,08	1234,698
2	1559,51	763,92
4	2594,5	364,63
5	2734,422	739,36
6	3201,8	421,9
7	3111,73	-1181,12
8	3157,72	-1477,57
11	3456,5	-1650,07
10	3598,14	-1249,37
9	3583,44	-1125,24

12	2696,42	-2276,57
----	---------	----------

Posición 1.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 12 grados.

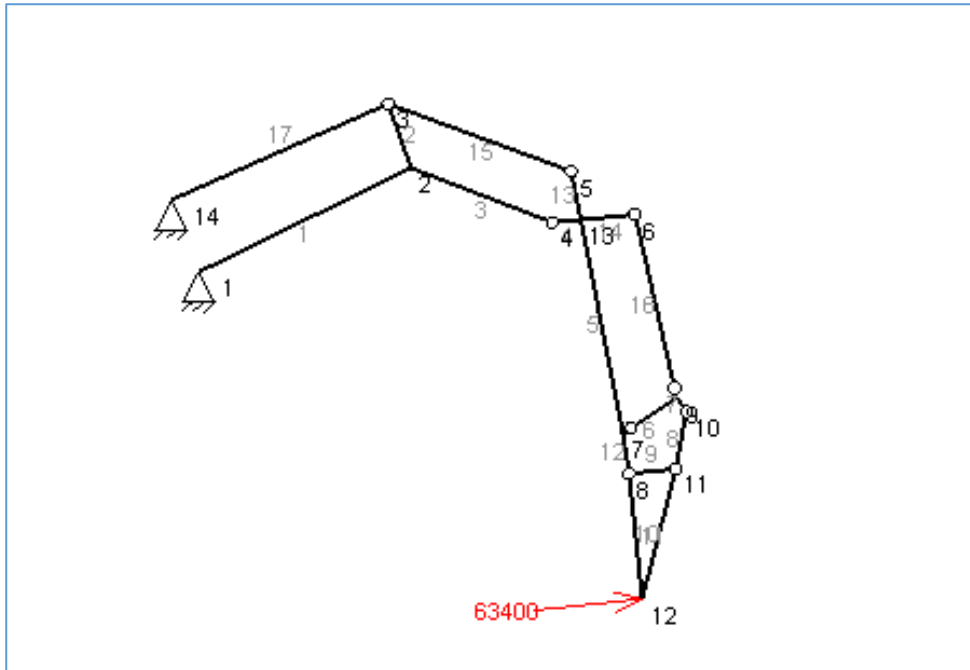


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1391,08	1234,698
2	1559,51	763,92
4	2594,5	364,63
5	2734,422	739,36
6	3201,8	421,9
7	3111,73	-1181,12
8	3157,72	-1477,57
11	3495,18	-1549,3
10	3600,98	-1137,68
9	3558,61	-1020,09
12	2965,9	-2380,02

Posición 1.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 6 grados.

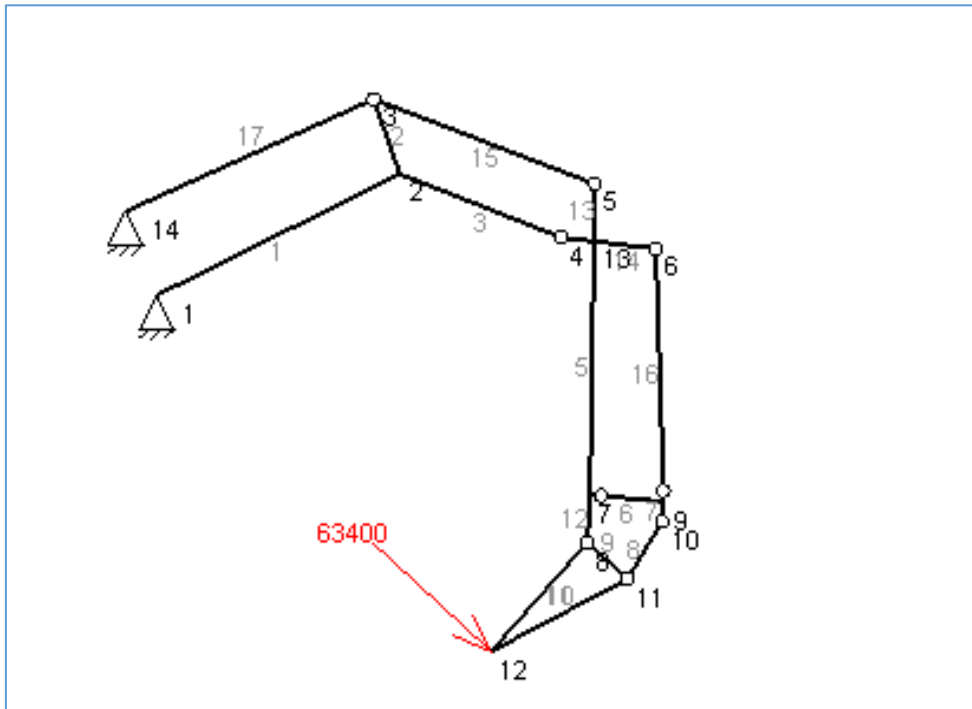


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1391,08	1234,698
2	1559,51	763,92
4	2594,5	364,63
5	2734,422	739,36
6	3201,8	421,9
7	3111,73	-1181,12
8	3157,72	-1477,57
11	3500,83	-1441,51
10	3576,89	-1023,37
9	3507,94	-919,94
12	3254,16	-2395,12

Posición 2.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 42 grados.

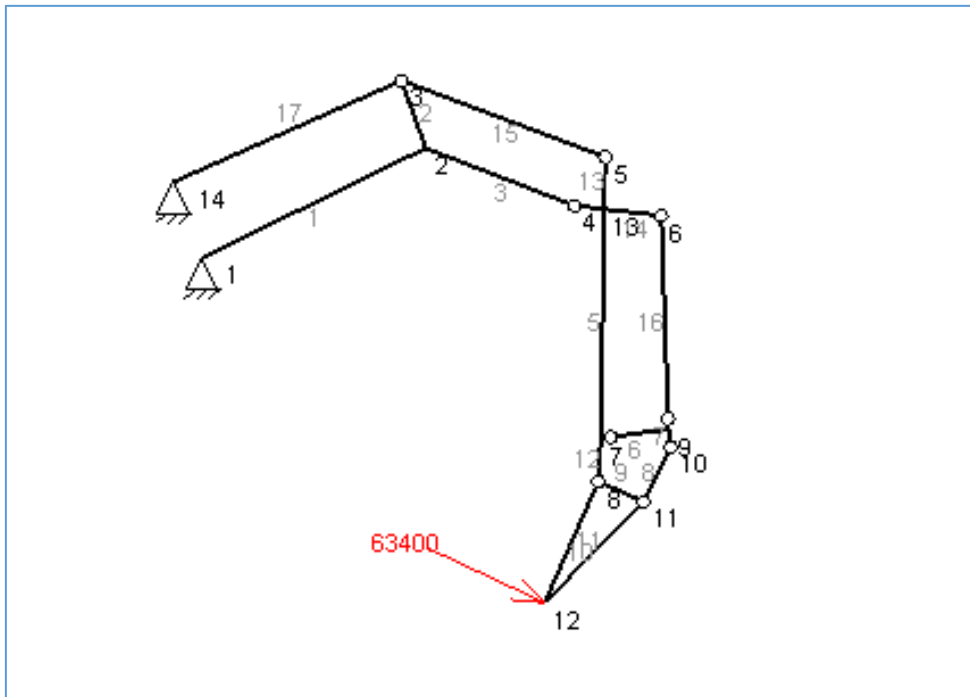


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1391,08	1234,698
2	1559,51	763,92
4	2594,5	364,63
5	2809,27	702,08
6	3200,44	294,39
7	2779,05	-1254,88
8	2762,39	-1554,42
11	3018,78	-1785,27
10	3240,64	-1422,77
9	3252,06	-1298,29
12	2145,05	-2240,05

Posición 2.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 24 grados.

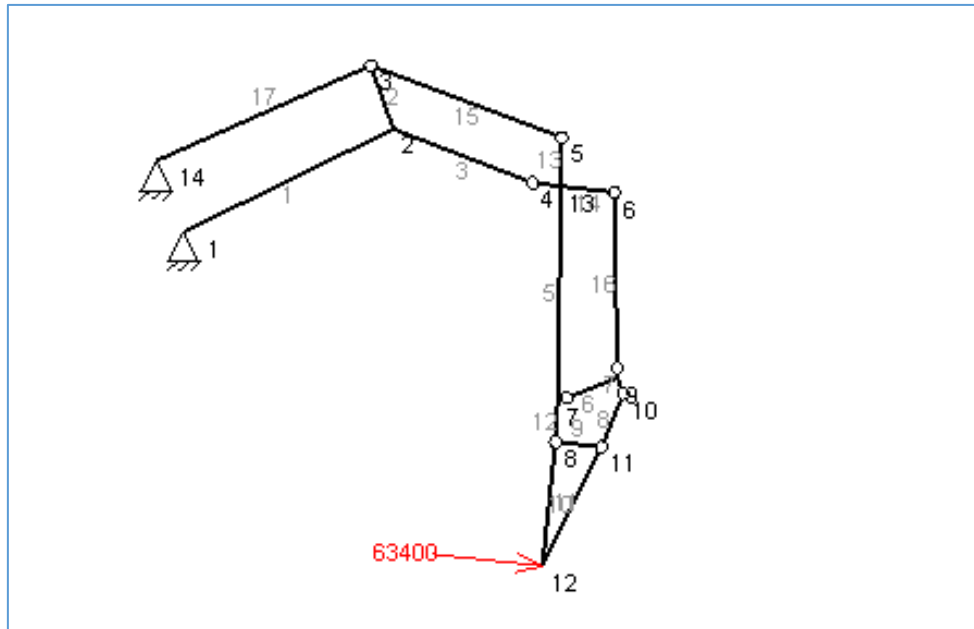


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1391,08	1234,698
2	1559,51	763,92
4	2594,5	364,63
5	2809,27	702,08
6	3200,44	294,39
7	2779,05	-1254,88
8	2762,39	-1554,42
11	3077,57	-1694,74
10	3266,64	-1314,12
9	3249,64	-1190,28
12	2387,14	-2397,26

Posición 2.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 6 grados.

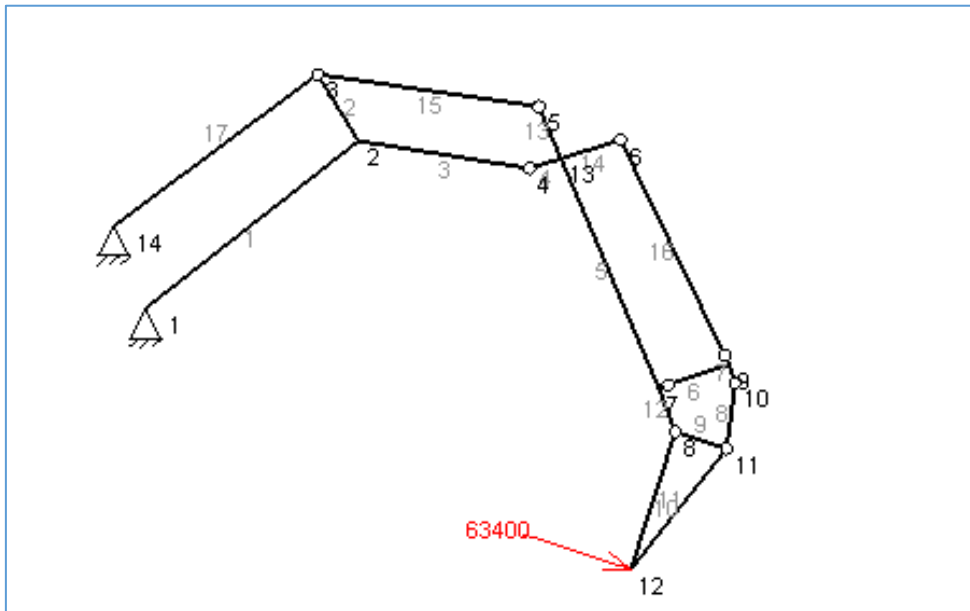


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1391,08	1234,698
2	1559,51	763,92
4	2594,5	364,63
5	1809,27	702,08
6	3200,44	294,39
7	2779,05	-1254,88
8	2762,39	-1554,42
11	3105,5	-1590,48
10	3266,84	-1197,29
9	3221,07	-1080,97
12	2665,95	-2471,972

Posición 3.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 18 grados.

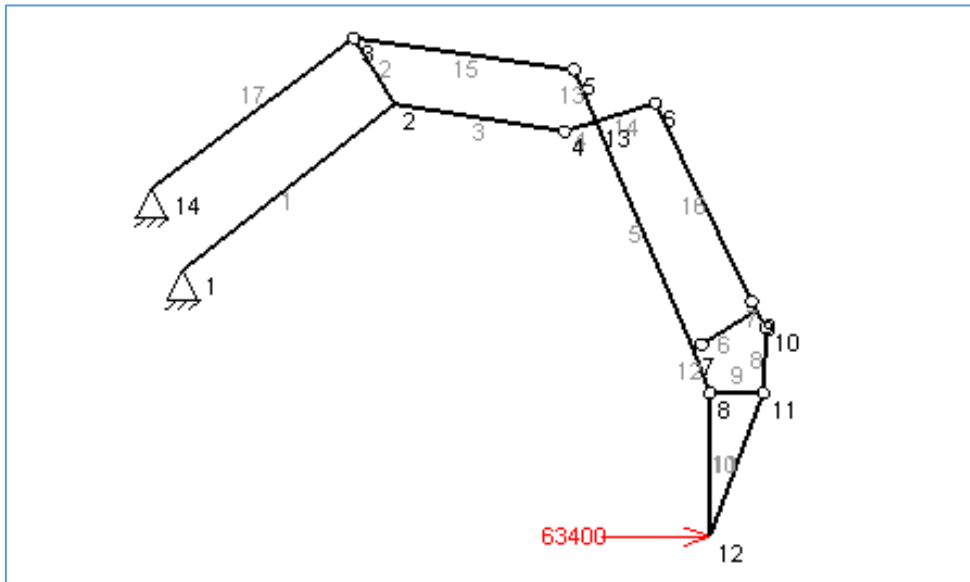


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1103,97	1496,94
2	1366,6	1071,46
4	2461,99	896,09
5	2520,94	1291,72
6	3044,12	1078,38
7	3289,31	-508,34
8	3395,92	-788,76
11	3724,039	-895,37
10	3779,27	-473,97
9	3739,086	-355,61
12	3110,82	-1666,21

Posición 3.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 0 grados.

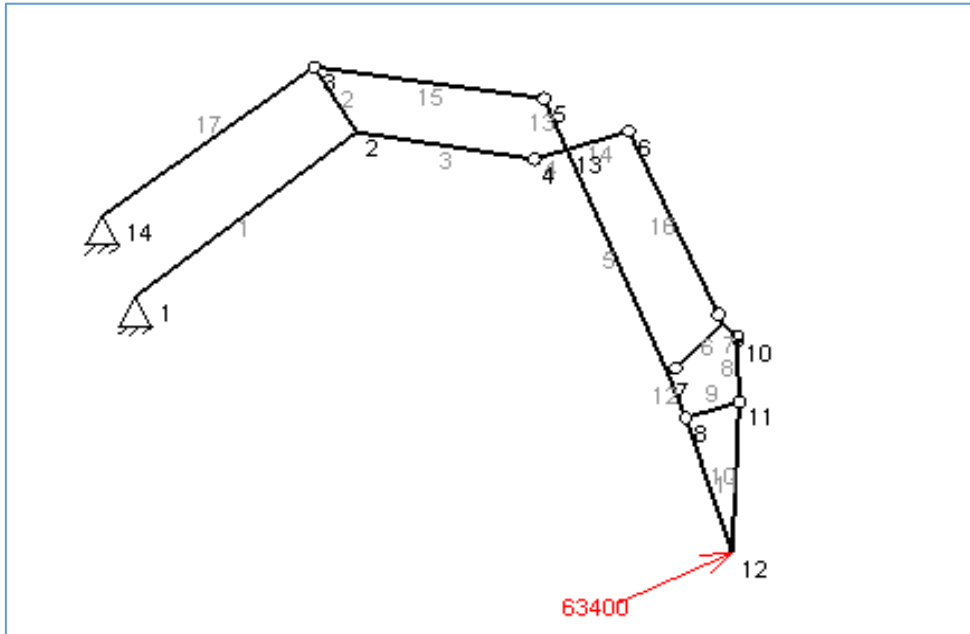


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1103,97	1496,94
2	1366,6	1071,46
4	2461,99	896,09
5	2520,94	1291,72
6	3044,12	1078,38
7	3289,31	-508,34
8	3395,92	-788,76
11	3740,92	-788,762
10	3758,83	-364,14
9	3692,93	-257,92
12	3395,92	-1711,36

Posición 3.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 18 grados.

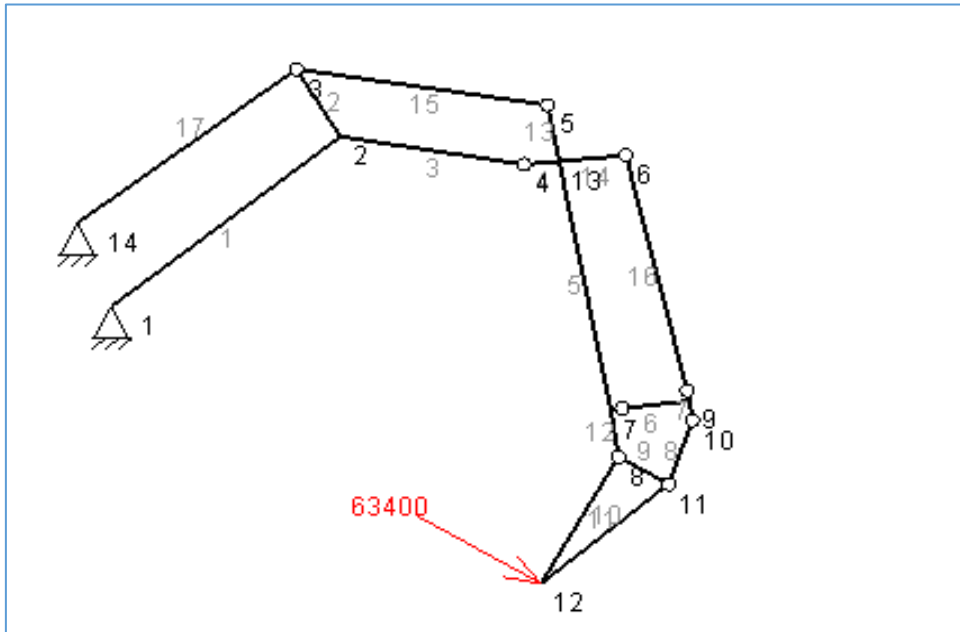


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1103,97	1496,94
2	1366,6	1071,46
4	2461,99	896,09
5	2520,94	1291,72
6	3044,12	1078,38
7	3289,31	-508,34
8	3395,92	-788,76
11	3724,039	-682,15
10	3711,49	-257,33
9	3622,37	-169,68
12	3681,02	-1666,21

Posición 4.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 30 grados.

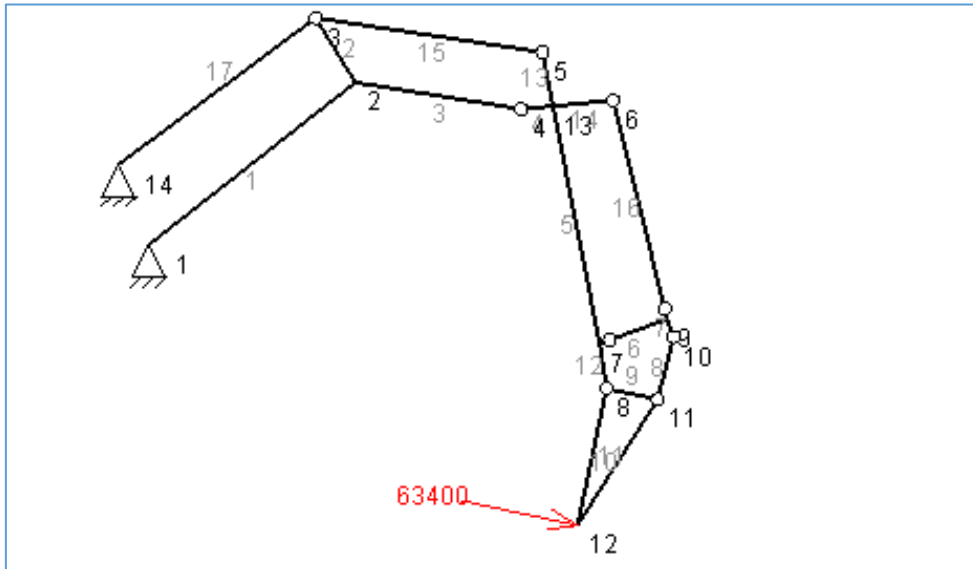


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1103,97	1496,94
2	1366,6	1071,46
4	2461,99	896,09
5	2601,91	1270,822
6	3069,299	953,369
7	2979,231	-649,664
8	3025,2154	-946,119
11	3323,994	-1118,619
10	3465,638	-717,917
9	3450,933	-593,785
12	2563,912	-1745,11

Posición 4.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 12 grados.

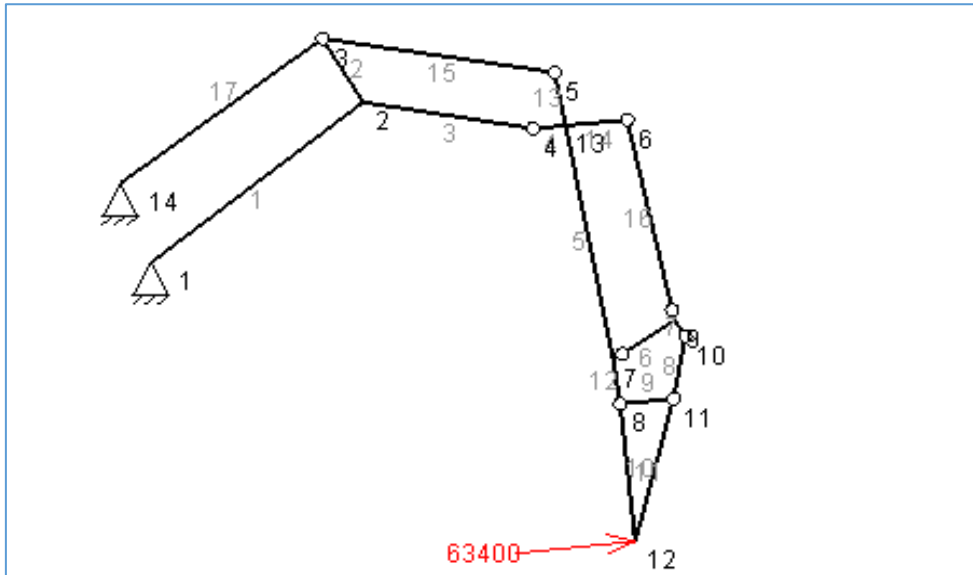


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1103,97	1496,94
2	1366,6	1071,46
4	2461,99	896,09
5	2601,91	1270,822
6	3069,299	953,369
7	2979,231	-649,664
8	3025,2154	-946,119
11	3362,676	-1017,848
10	3468,479	-606,229
9	3426,1	-488,63
12	2833,395	-1848,563

Posición 4.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 6 grados.

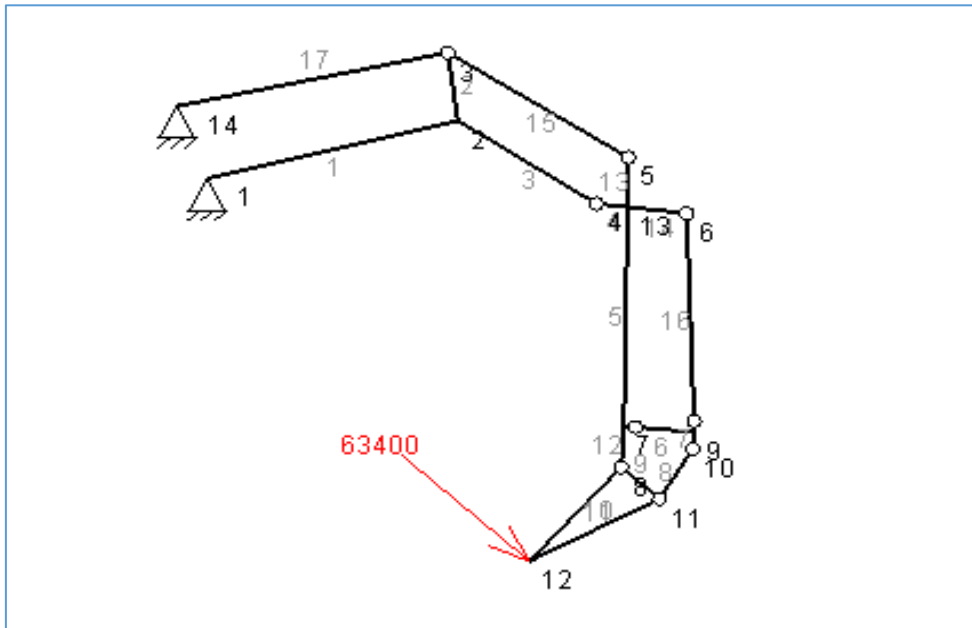


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1103,97	1496,94
2	1366,6	1071,46
4	2461,99	896,09
5	2601,91	1270,822
6	3069,299	953,369
7	2979,231	-649,664
8	3025,2154	-946,119
11	3368,325	-910,057
10	3444,38	-491,91
9	3375,433	-387,654
12	3121,653	-1863,67

Posición 5.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 42 grados.

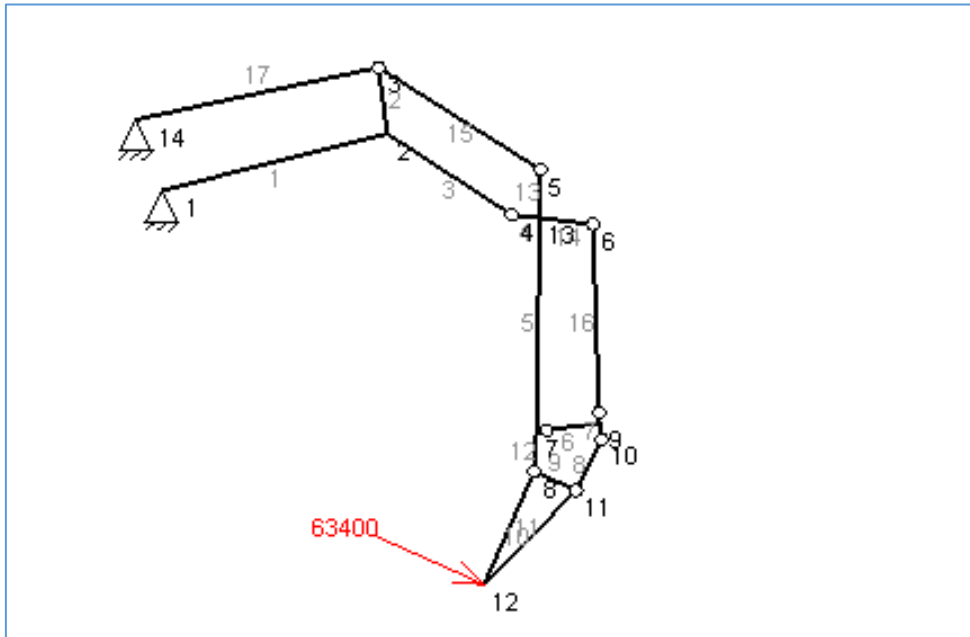


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1617,395	918,494
2	1684,263	422,986
4	2613,617	-182,7619
5	2828,391	154,68
6	3219,56	-253,003
7	2798,171	-1802,28
8	2781,513	-2101,81
11	3037,898	-2332,667
10	3259,758	-1970,171
9	3271,183	-1845,694
12	2164,17	-2787,446

Posición 5.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 24 grados.

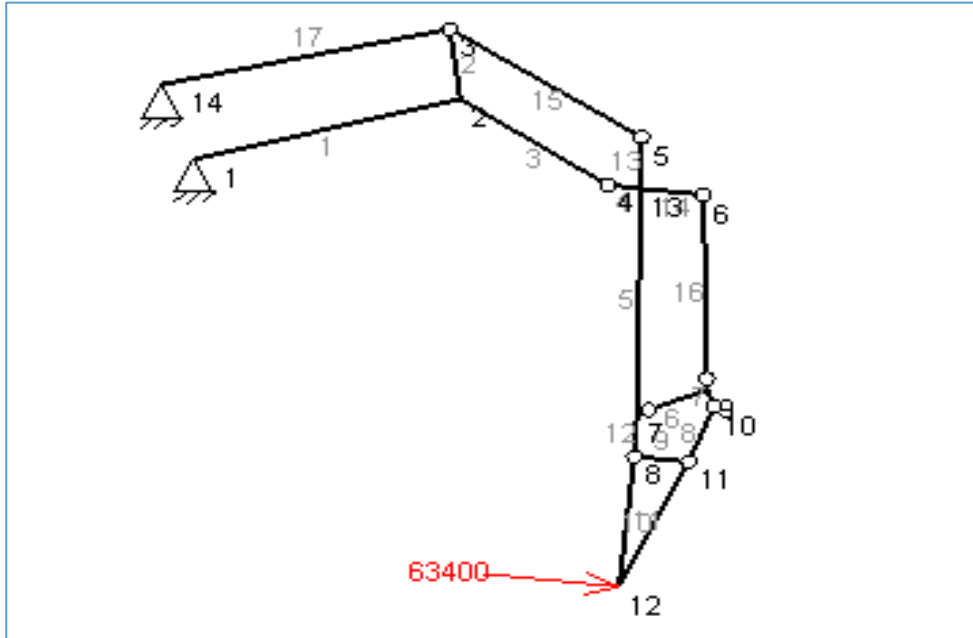


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1617,395	918,494
2	1684,263	422,986
4	2613,617	-182,7619
5	2828,391	154,68
6	3219,56	-253,003
7	2798,171	-1802,28
8	2781,513	-2101,81
11	3096,686	-2242,141
10	3285,758	-1861,514
9	3268,757	-1737,676
12	2406,256	-2944,659

Posición 5.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 6 grados.

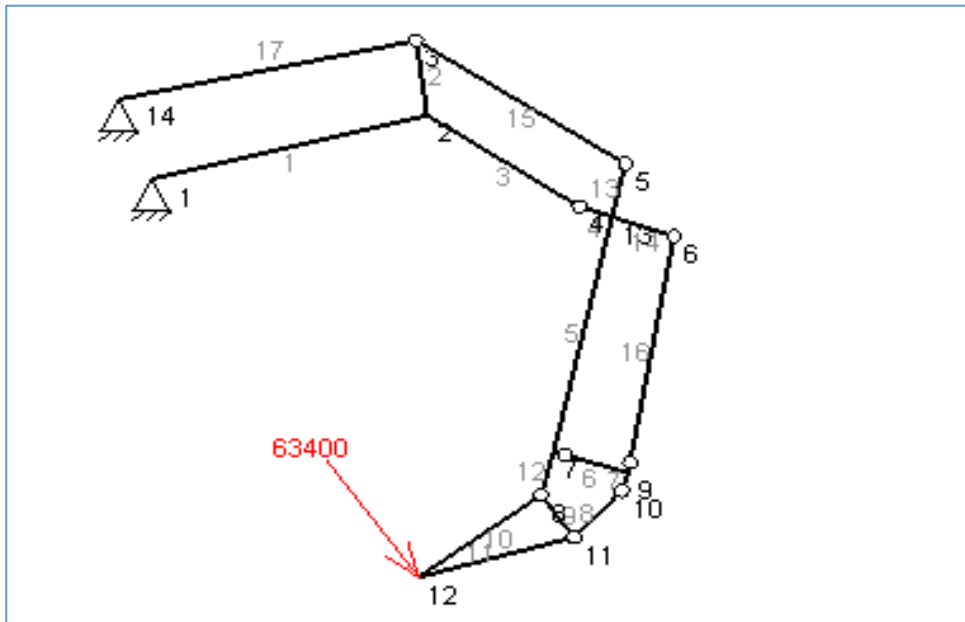


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1617,395	918,494
2	1684,263	422,986
4	2613,617	-182,7619
5	2828,391	154,68
6	3219,56	-253,003
7	2798,171	-1802,28
8	2781,513	-2101,81
11	3124,623	-2137,879
10	3285,955	-1744,691
9	3240,189	-1628,37
12	2685,075	-3019,368

Posición 6.1

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 54 grados.

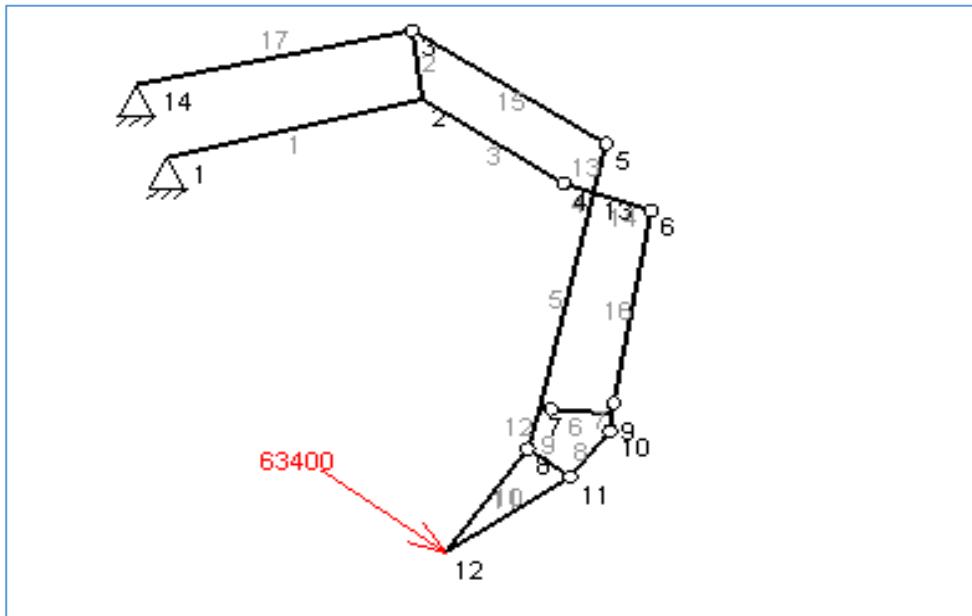


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1617,395	918,494
2	1684,263	422,986
4	2613,617	-182,7619
5	2893,857	102,659
6	3191,714	-377,45
7	2457,421	-1805,26
8	2378,85	-2094,789
11	2581,636	-2373,899
10	2874,01	-2065,452
9	2911,07	-1946,07
12	1632,44	-2637,08

Posición 6.2

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 36 grados.

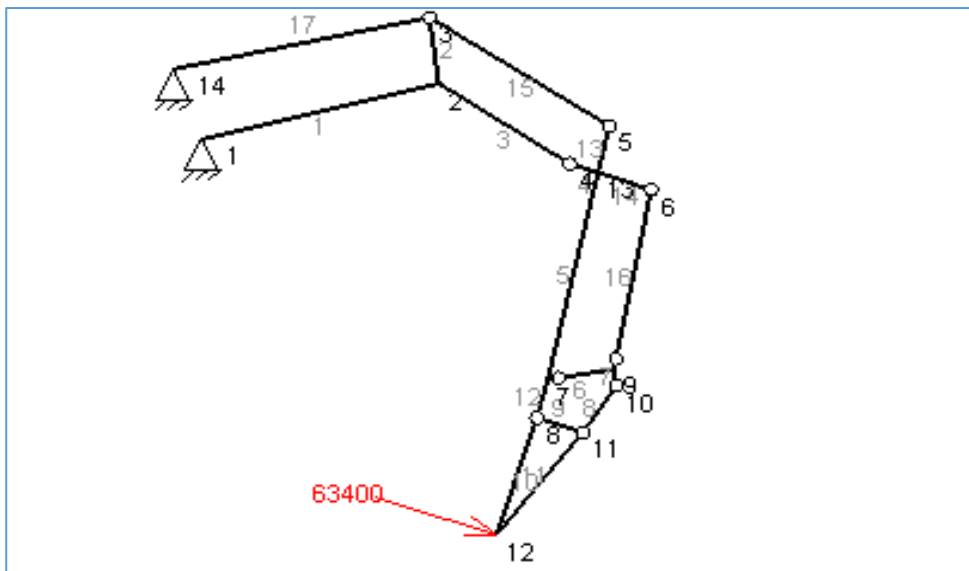


Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1617,395	918,494
2	1684,263	422,986
4	2613,617	-182,7619
5	2893,857	102,659
6	3191,714	-377,45
7	2457,421	-1805,26
8	2378,85	-2094,789
11	2657,96	-2297,57
10	2922,038	-1964,57
9	2931,156	-1839,9
12	1836,556	-2841,192

Posición 6.3

En esta posición, el ángulo que forma la fuerza F con el eje horizontal es de 18 grados.



Y las cotas, en milímetros, de cada uno de los puntos para esta posición respecto del punto 1, son las siguientes:

Puntos	X	Y
1	0	0
3	1617,395	918,494
2	1684,263	422,986
4	2613,617	-182,7619
5	2893,857	102,659
6	3191,714	-377,45
7	2457,421	-1805,26
8	2378,85	-2094,789
11	2706,964	-2201,39
10	2946,519	-1850,346
9	2925,938	-1727,052
12	2093,749	-2972,238





Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Análisis y dimensionamiento de una
retropala para una fuerza de excavación de
63.4 KN.

ANEXO II: Determinación de esfuerzos.

Autor

Monge Catalán, Alberto.

Director

Javier Óscar Abad Blasco

Escuela de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Zaragoza.

2017/2018



INDICE

1.	Calculo de fuerzas en la estructura.	2
1.1	Calculo mediante MEFI.....	2
1.2	Esfuerzos según posición de trabajo	2
1.3	Esfuerzos en posiciones de trabajo	3
1.4	Esfuerzos en posiciones de trabajo combinadas	14
2.	Calculo mediante EES	32
2.1	Diagramas de solido libre	32
2.1	Resultados de los sistemas de ecuaciones.	36
3.	Resultado de fuerzas en los cilindros	37
3.1	Comparación de datos.....	38
4.	Numeración de Barras con Nudos en la estructura.....	38



1. Cálculo de fuerzas en la estructura.

En este apartado se va a calcular todos los esfuerzos a los que la estructura estaría sometida en cada posición estudiada.

Con los esfuerzos una vez calculados se podrá seguir con el cálculo de las secciones de cada elemento de la estructura así como perfiles, pasadores y pistones hidráulicos.

Para los cálculos se ha utilizado el programa MEFI y también mediante el programa EES para resolución de ecuaciones de sólido libre.

Mediante MEFI

El programa MEFI ha sido utilizado para calcular esfuerzos cortantes, axiales y momentos flectores a los que está sometida cada barra o elemento de la estructura.

Resolución de ecuaciones de sólido libre.

Mediante las ecuaciones de sólido libre y resueltas con el programa EES se ha calculado fuerza en los cilindros para corroborar que el cálculo del MEFI era correcto y también para obtener fuerzas en los pasadores.

1.1 Cálculo mediante MEFI

En cada posición del estudio geométrico obtenemos los esfuerzos. Se han descartado las posiciones iniciales del estudio geométrico debido a que no eran posiciones de trabajo y los esfuerzos no eran coherentes algunos.

Se ha estudiado los esfuerzos en el segundo estudio geométrico.

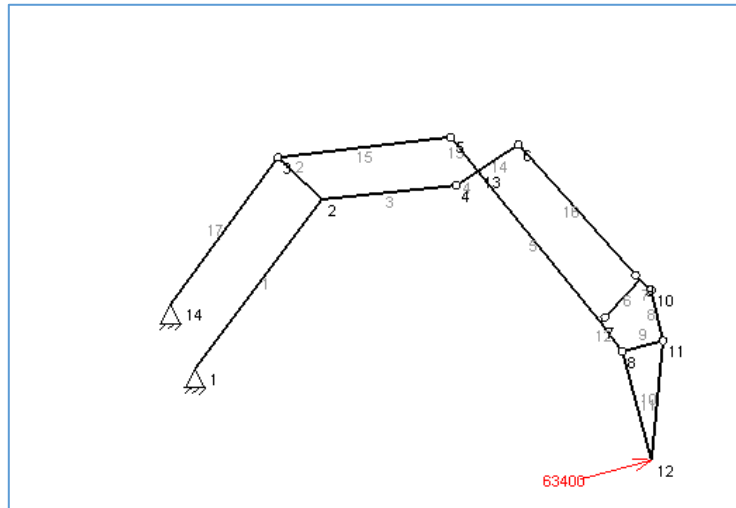
1.2 Esfuerzos según posición de trabajo

Para cada posición se muestra los diagramas de barras y una tabla con los esfuerzos



1.3 Esfuerzos en posiciones de trabajo

Posición 1

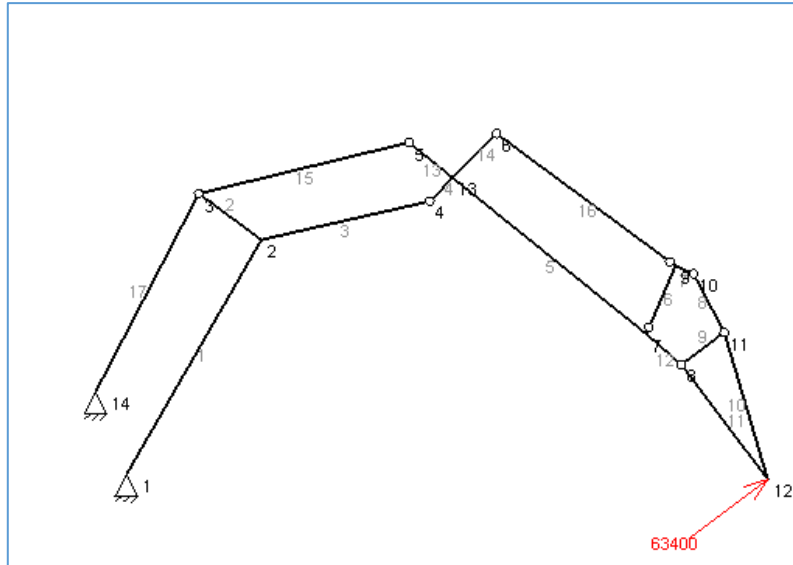


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	277060	36094		62680	K L
2	292400	-89836	44918		L J
3	473760	-16012	17762		L I
4	427680	204430		43051	I PM
5	192210	-66018	102710	-2622	PM F
6	79264	24794		11777	F E
7	-141040	-94219	11777		E D
8	-169620				D B
9	58331				B C
10	-180970	119,06		117,27	B A
11	169550	-127,11	117,27		A C
12	179130	8740,1	-2622		F C
13	-217070	349240		125420	H PM
14	-24707	-164670	65768		PM G
15	-411200				J H
16	-166510				G E
17	-227180				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 2



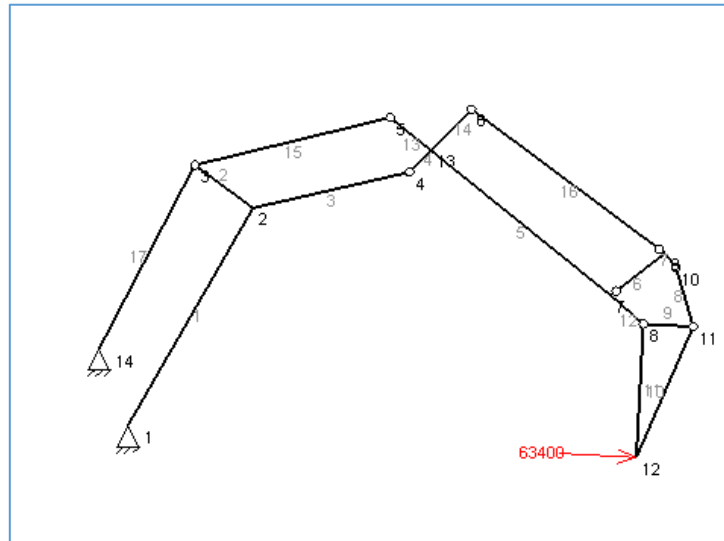
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	434930	9059.1		15732	K L
2	337710	38983	-19492		L J
3	493250	-31752	35223	0	L I
4	433130	238120		50146	I PM
5	181760	-68512	109400	88.739	PM F
6	70144	28351		13467	F E
7	-133800	-107740	13467		E D
8	-171780				D B
9	35659				B C
10	-180970	107.78		106.16	B A
11	169550	-115.06	106.16		A C
12	173280	-295,8	88,739		F C
13	-264700	345720		125060	H PM
14	-23588	-164770	65811		PM G
15	-435420				J H
16	-166450				G E
17	-376940				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 3



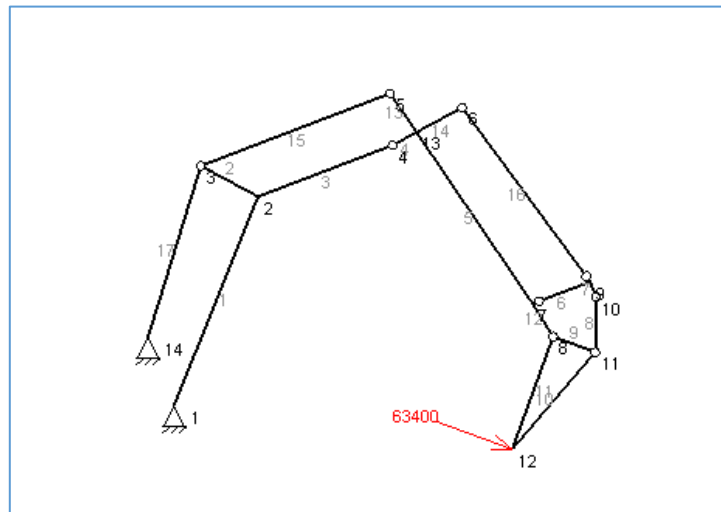
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final		
1	33676	56329		97820	K	L
2	193940	-225200	112600		L	J
3	361410	13324	-14781		L	I
4	297710	205340		43242	I	PM
5	242480	-44608	53887	-17283	PM	F
6	117380	17422		8275.3	F	E
7	-166860	-66203	8275.3		E	D
8	-179510				D	B
9	122230				B	C
10	-180960	150.84		148.58	B	A
11	169550	-161.04	148.58		A	C
12	201010	57611	-17283		F	C
13	-182660	238570		86300	H	PM
14	-26481	-189420	75654		PM	G
15	-300460				J	H
16	-191260				G	E
17	-4993,6				J	Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 4



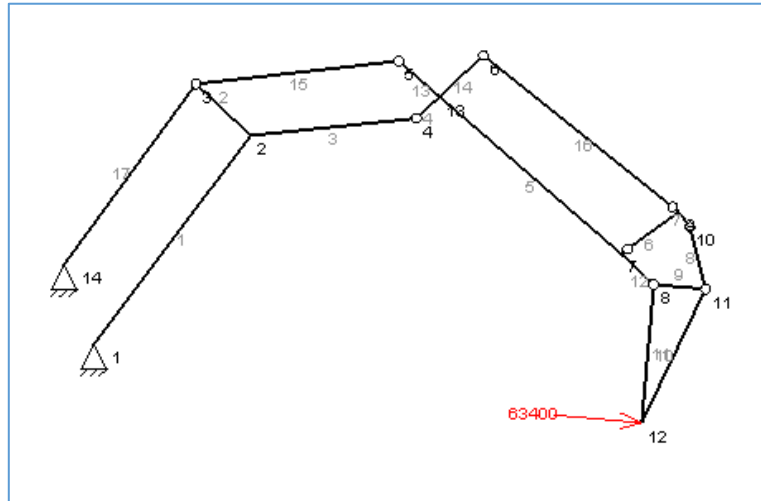
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	-102850	72077		125170	K L
2	185240	-341990	171000		L J
3	362950	41313	-45830		L I
4	354480	88235		18581	I PM
5	242480	-44608	53887	-17283	PM F
6	117380	17422		8275.6	F E
7	-166860	-66205	8275.6		E D
8	-179510				D B
9	122230				B C
10	-180950	150.84		148.58	B A
11	169550	-161.04	148.58		A C
12	201010	57611	-17283		F C
13	-71803	306740		110960	H PM
14	-26481	-189420	75655		PM G
15	-315030				J H
16	-191260				G E
17	105310				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 5

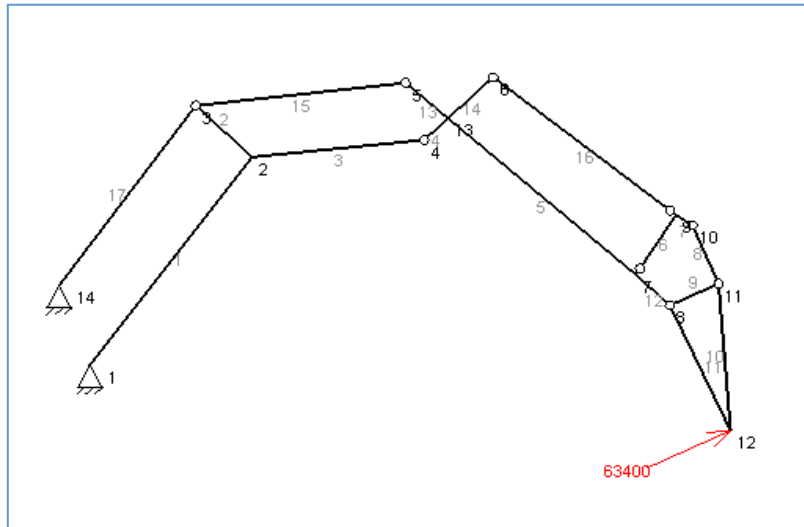


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	60539	53464		92843	K L
2	200050	-205710	102860		L J
3	366800	9027,3	-10014		L I
4	285570	230370		48514	I PM
5	242480	-44608	53887	-17283	PM F
6	117380	17422		8275,5	F E
7	-166860	-66204	8275,5		E D
8	-179510				D B
9	122230				B C
10	-180960	150,84		148,58	B A
11	169550	-161,04	148,58		A C
12	201010	57612	-17283		F C
13	-206360	223990		81027	H PM
14	-26481	-189420	75654		PM G
15	-304560				J H
16	-191260				G E
17	-27036				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 6



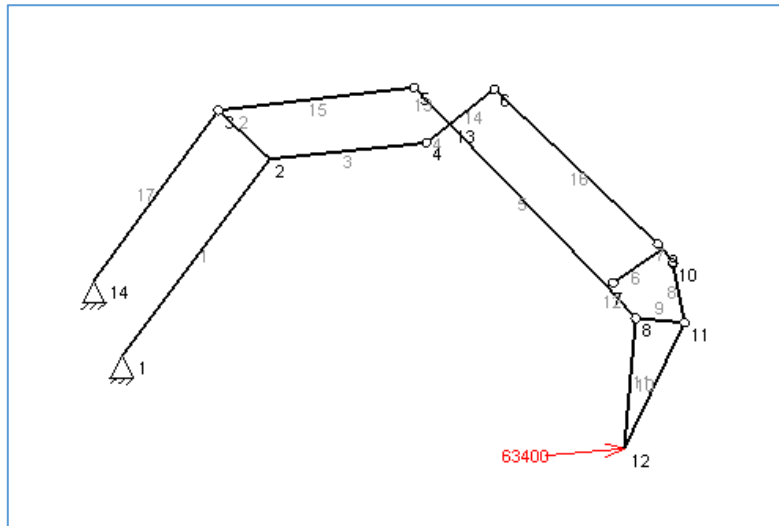
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final	
1	342220	26049		45236	K L
2	305970	-35413	17706		L J
3	478330	-24816	27529		L I
4	394670	271390		57151	I PM
5	192210	-66017	102710	-2622	PM F
6	79263	24794		11777	F E
7	-141040	-94218	11777		E D
8	-169620				D B
9	58331				B C
10	-180970	119.06		117.27	B A
11	169550	-127.11	117.27		A C
12	179130	8740.1	-2622		F C
13	-283520	307740		111320	H PM
14	-24707	-164670	65770		PM G
15	-418430				J H
16	-166510				G E
17	-286320				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 7



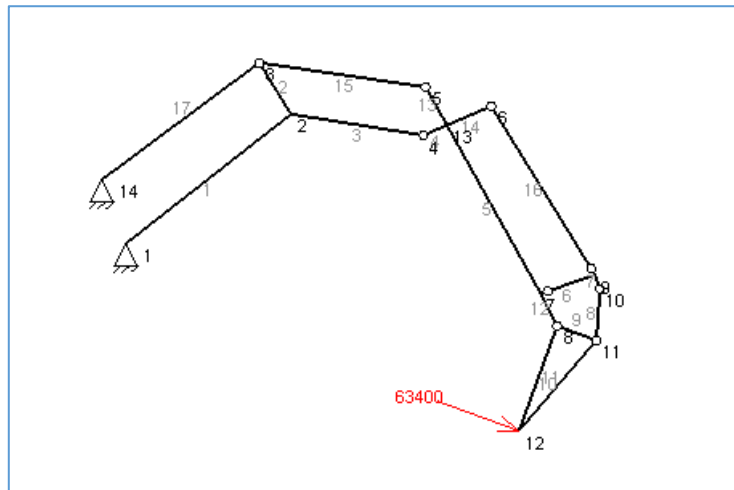
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector ini	Flector fin	
1	171120	45474		78968	K L
2	248690	-149340	74669		L J
3	425160	-3875,2	4298,9		L I
4	360720	225060		47396	I PM
5	221620	-57010	79444	-11513	PM F
6	107570	18053		8575,3	F E
7	-159510	-68602	8575,3		E D
8	-173640				D B
9	109950				B C
10	-178210	143,37		141,22	B A
11	155960	-153,06	141,22		A C
12	187010	38377	-11513		F C
13	-219940	287270		103920	H PM
14	-25905	-179940	71868		PM G
15	-361800				J H
16	-181790				G E
17	-128780				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 8



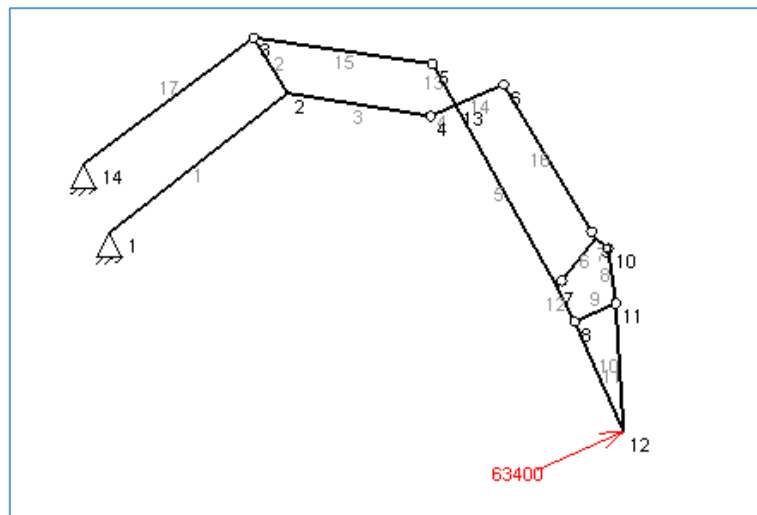
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final	
1	73576	54863		95273	K L
2	211130	-207490	103740		L J
3	385260	7636,1	-8471		L I
4	320870	213370		44934	I PM
5	232350	-49438	64741	-14135	PM F
6	109230	18332		8707,6	F E
7	-161970	-69661	8707,6		E D
8	-176320				D B
9	111640				B C
10	-180960	145,59		143,4	B A
11	169550	-155,43	143,4		A C
12	197540	47116	-14135		F C
13	-196380	256490		92783	H PM
14	-26305	-182710	72976		PM G
15	-323040				J H
16	-184590				G E
17	-40085				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 9



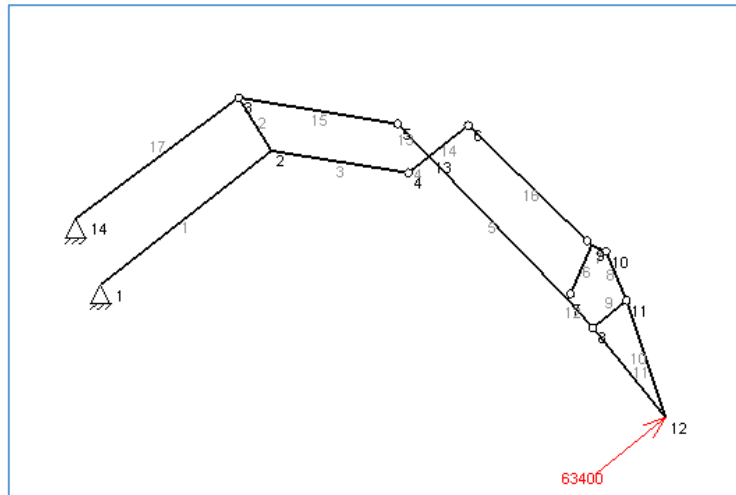
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final	
1	411100	24512		42567	K L
2	318230	5087.7	-2543.8		L J
3	501350	-40665	45111		L I
4	444730	234980		49484	I PM
5	176200	-68341	110670	1633.7	PM F
6	62156	32168		15280	F E
7	-127530	-122240	15280		E D
8	-176650				D B
9	13688				B C
10	-180970	96.847		95.394	B A
11	169540	-103.4	95.394		A C
12	170020	-5445.6	1633.7		F C
13	-272510	355930		128750	H PM
14	-22187	-169180	67571		PM G
15	-448280				J H
16	-170630				G E
17	-349730				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 10

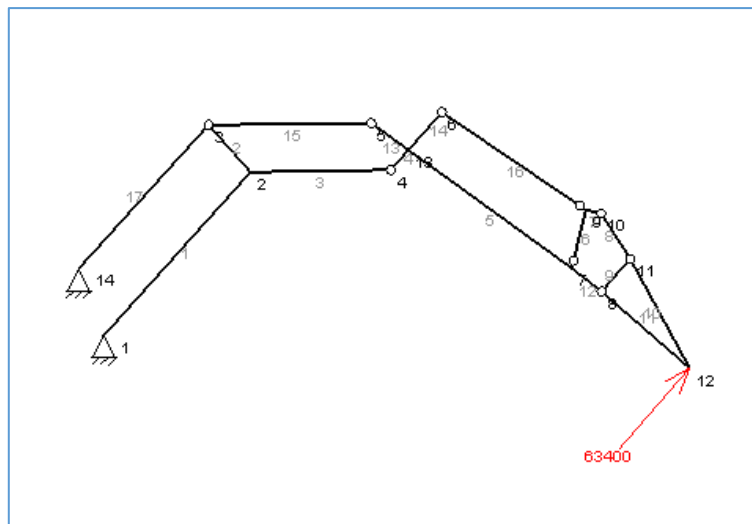


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector ini	Flector fin	
1	491210	10100		17539	K L
2	352630	64041	-32021		L J
3	523030	-44675	49560		L I
4	386380	355350		74835	I PM
5	176200	-68340	110670	1632,9	PM F
6	62156	32169		15280	F E
7	-127530	-122240	15280		E D
8	-176650				D B
9	13689				B C
10	-180980	96.851		95.398	B A
11	169550	-103,4	95.398		A C
12	170020	-5442,9	1632,9		F C
13	-386470	285850		103400	H PM
14	-22187	-169180	67572		PM G
15	-480700				J H
16	-170630				G E
17	-427960				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 11



En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

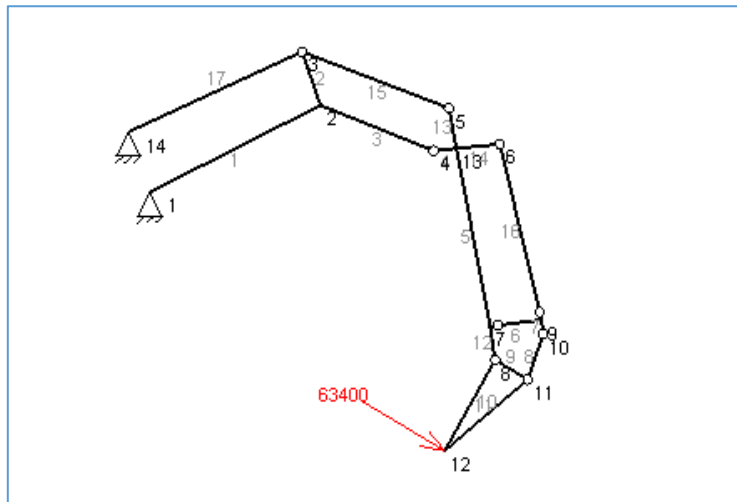
Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final	
1	526140	417.33		724.72	K L
2	366170	97656	-48828		L J
3	523060	-44669	49553		L I
4	386410	355350		74833	I PM
5	176200	-68340	110670	1632.9	PM F
6	62156	32168		15280	F E
7	-127530	-122240	15280		E D
8	-176650				D B
9	13689				B C
10	-180980	96.851		95.398	B A
11	169550	-103.4	95.398		A C
12	170020	-5442.9	1632.9		F C
13	-386490	285860		103410	H PM
14	-22188	-169180	67572		PM G
15	-480720				J H
16	-170630				G E
17	-462750				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

1.4 Esfuerzos en posiciones de trabajo combinadas

Esfuerzos en las posiciones de trabajo combinadas, son las posiciones combinadas de las totales estudiadas donde podría hacer la máxima fuerza de excavación.

Posición 1.1

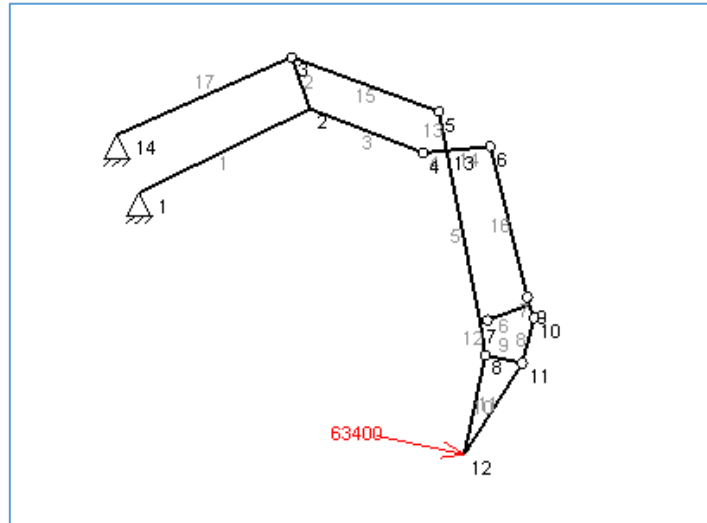


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final		
1	1.05E+05	5.53E+04	0	9.60E+04	K	L
2	2.33E+05	-2.02E+05	1.01E+05	0	L	J
3	4.17E+05	4.52E+03	-5.01E+03	0	L	I
4	3.71E+05	1.90E+05	0	4.00E+04	I	PM
5	2.18E+05	-5.62E+04	8.00E+04	-9.70E+03	PM	F
6	9.80E+04	2.01E+04	0	9.52E+03	F	E
7	-1.55E+05	-7.62E+04	9.52E+03	0	E	D
8	-1.72E+05	0	0	0	D	B
9	9.48E+04	0	0	0	B	C
10	-1.81E+05	1.37E+02	0	1.35E+02	B	A
11	1.70E+05	-1.46E+02	1.35E+02	0	A	C
12	1.92E+05	3.23E+04	-9.70E+03	0	F	C
13	-1.84E+05	3.03E+05	0	1.10E+05	H	PM
14	-2.59E+04	-1.74E+05	6.96E+04	0	PM	G
15	-3.54E+05				J	H
16	-1.76E+05				G	E
17	-7.01E+04				J	Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 1.2

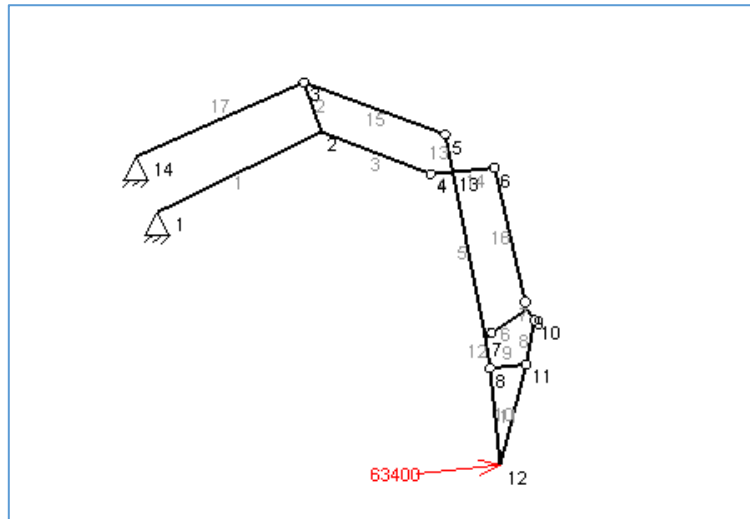


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final		
1	2,42E+05	4,63E+04		8,05E+04	K	L
2	2,80E+05	-1,25E+05	6,25E+04		L	J
3	4,76E+05	-1,62E+04	1,80E+04		L	I
4	4,33E+05	1,98E+05		4,16E+04	I	PM
5	1,91E+05	-6,64E+04	1,04E+05	-2,30E+03	PM	F
6	7,83E+04	2,51E+04		1,19E+04	F	E
7	-1,40E+05	-9,55E+04	1,19E+04		E	D
8	-1,70E+05				D	B
9	5,61E+04				B	C
10	-1,81E+05	1,18E+02		1,16E+02	B	A
11	1,70E+05	-1,26E+02	1,16E+02		A	C
12	1,78E+05	7,68E+03	-2,30E+03		F	C
13	-2,15E+05	3,53E+05		1,28E+05	H	PM
14	-2,46E+04	-1,64E+05	6,57E+04		PM	G
15	-4,13E+05				J	H
16	-1,66E+05				G	E
17	-1,92E+05				J	Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 1.3

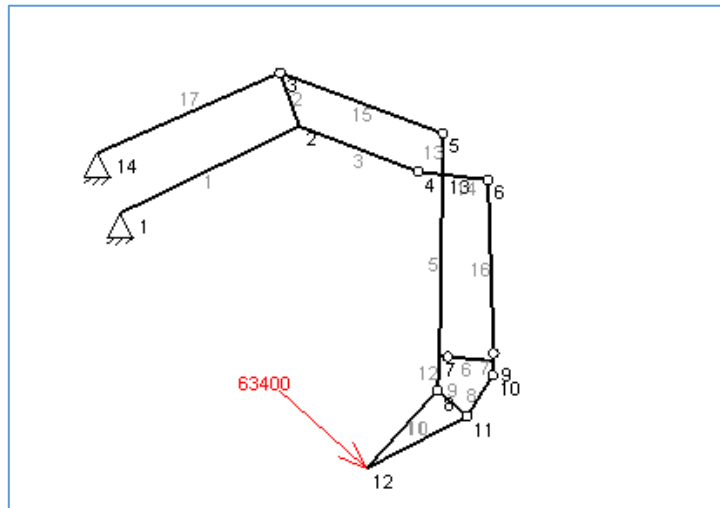


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final	
1	3.65E+05	3.33E+04		5.78E+04	K L
2	3.09E+05	-3.67E+04	1.84E+04		L J
3	5.02E+05	-3.55E+04	3.94E+04		L I
4	4.65E+05	1.92E+05		4.05E+04	I PM
5	1.76E+05	-6.83E+04	1.11E+05	1.63E+03	PM F
6	6.22E+04	3.21E+04		1.53E+04	F E
7	-1.27E+05	-1.23E+05	1.53E+04		E D
8	-1.77E+05				D B
9	1.37E+04				B C
10	-1.81E+05	9.68E+01		9.54E+01	B A
11	1.70E+05	-1.03E+02	9.54E+01		A C
12	1.70E+05	-5.44E+03	1.63E+03		F C
13	-2.32E+05	3.81E+05		1.38E+05	H PM
14	-2.22E+04	-1.69E+05	6.76E+04		PM G
15	-4.46E+05				J H
16	-1.71E+05				G E
17	-3.06E+05				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 2.1

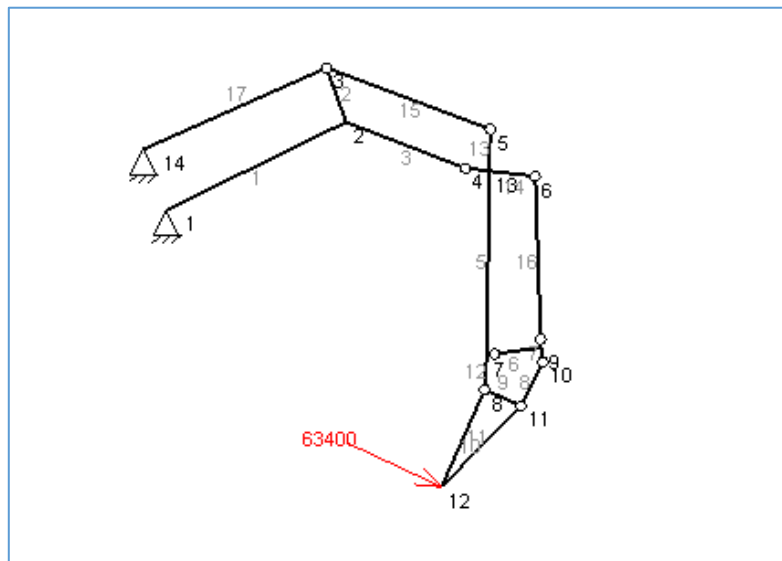


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final	
1	4.94E+04	5.98E+04		1.04E+05	K L
2	2.36E+05	-2.51E+05	1.25E+05		L J
3	4.21E+05	1.94E+04	-2.15E+04		L I
4	4.03E+05	1.24E+05		2.62E+04	I PM
5	2.18E+05	-5.62E+04	8.00E+04	-9.69E+03	PM F
6	9.80E+04	2.01E+04		9.53E+03	F E
7	-1.55E+05	-7.62E+04	9.53E+03		E D
8	-1.72E+05				D B
9	9.48E+04				B C
10	-1.81E+05	1.37E+02		1.35E+02	B A
11	1.70E+05	-1.46E+02	1.35E+02		A C
12	1.92E+05	3.23E+04	-9.69E+03		F C
13	-1.22E+05	3.41E+05		1.23E+05	H PM
14	-2.60E+04	-1.74E+05	6.96E+04		PM G
15	-3.62E+05				J H
16	-1.76E+05				G E
17	-2.58E+04				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 2.2

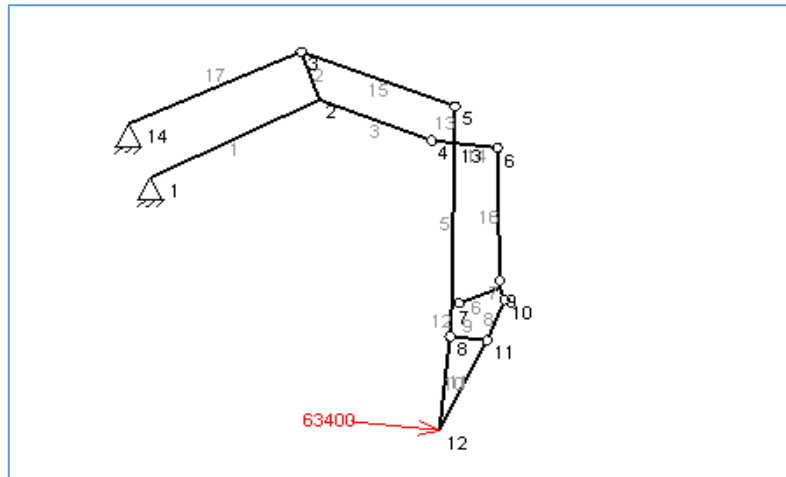


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final		
1	1,71E+05	5,43E+04		9,42E+04	K	L
2	2,81E+05	-1,90E+05	9,48E+04		L	J
3	4,83E+05	5,67E+02	-6,29E+02		L	I
4	4,67E+05	1,22E+05		2,56E+04	I	PM
5	1,92E+05	-6,59E+04	1,03E+05	-2,42E+03	PM	F
6	7,83E+04	2,51E+04		1,19E+04	F	E
7	-1,40E+05	-9,54E+04	1,19E+04		E	D
8	-1,70E+05				D	B
9	5,61E+04				B	C
10	-1,81E+05	1,18E+02		1,16E+02	B	A
11	1,71E+05	-1,26E+02	1,16E+02		A	C
12	1,79E+05	8,07E+03	-2,42E+03		F	C
13	-1,41E+05	3,95E+05		1,43E+05	H	PM
14	-2,46E+04	-1,64E+05	6,57E+04		PM	G
15	-4,20E+05				J	H
16	-1,66E+05				G	E
17	-1,31E+05				J	Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 2.3

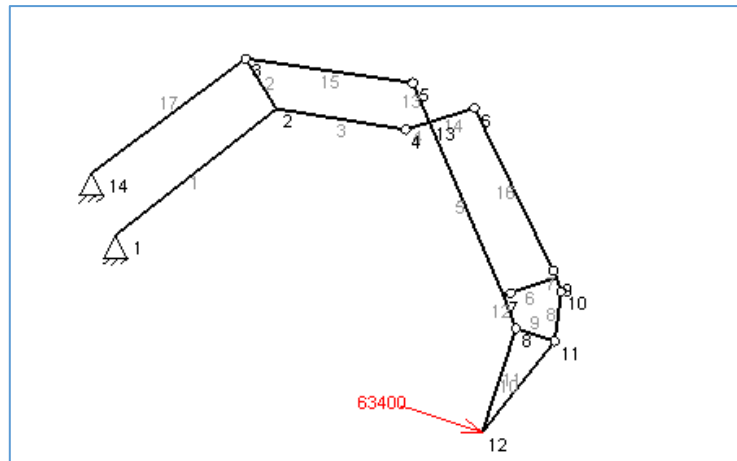


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final	
1	2.99E+05	4.29E+04		7.45E+04	K L
2	3.13E+05	-1.03E+05	5.17E+04		L J
3	5.17E+05	-2.06E+04	2.28E+04		L I
4	5.06E+05	1.10E+05		2.31E+04	I PM
5	1.76E+05	-6.83E+04	1.11E+05	1.63E+03	PM F
6	6.22E+04	3.22E+04		1.53E+04	F E
7	-1.28E+05	-1.22E+05	1.53E+04		E D
8	-1.77E+05				D B
9	1.37E+04				B C
10	-1.81E+05	9.69E+01		9.54E+01	B A
11	1.70E+05	-1.03E+02	9.54E+01		A C
12	1.70E+05	-5.44E+03	1.63E+03		F C
13	-1.54E+05	4.29E+05		1.55E+05	H PM
14	-2.22E+04	-1.69E+05	6.76E+04		PM G
15	-4.56E+05				J H
16	-1.71E+05				G E
17	-2.45E+05				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 3.1

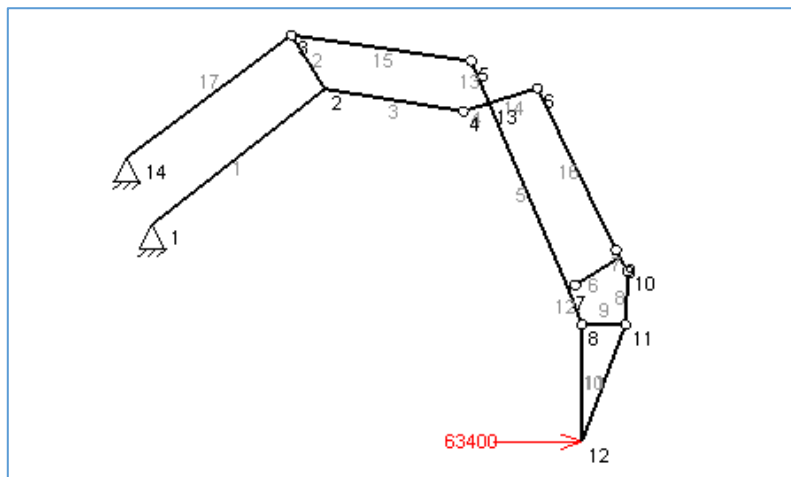


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	108100	54508	0	94656	K L
2	233750	-199350	99675	0	L J
3	417070	4524,4	-5019,1	0	L I
4	371290	190040	0	40021	I PM
5	217590	-56187	79950	-9693,4	PM F
6	97967	20049	0	-9693,4	F E
7	-154710	-76190	9523,4	0	E D
8	-172450	0	0	0	D B
9	94778	0	0	0	B C
10	-180960	137,19	0	135,13	B A
11	169540	-146,47	135,13	0	A C
12	191600	32311	-9693,4	0	F C
13	-184460	302700	0	109500	H PM
14	-25936	-174180	69570	0	PM G
15	-354470	0	0	0	J H
16	-176100	0	0	0	G E
17	-72758	0	0	0	J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 3.2

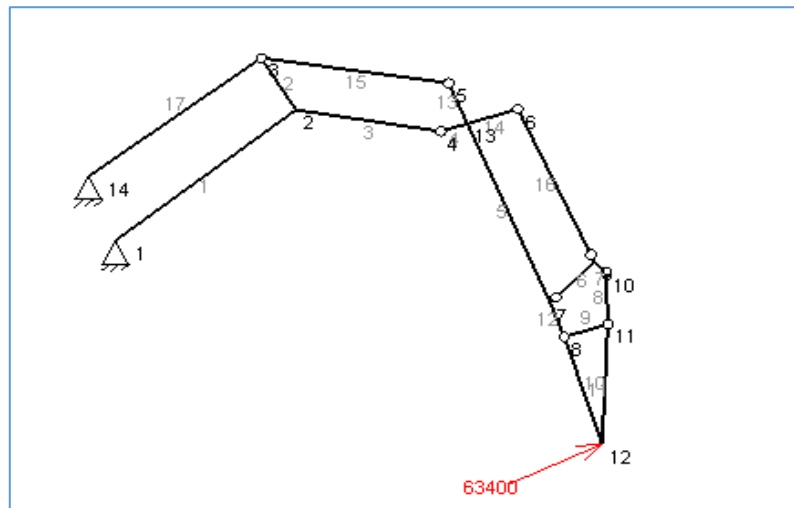


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	249570	44297	0	76925	K L
2	282400	-117930	58965	0	L J
3	475840	-16189	17959	0	L I
4	433130	197710	0	41636	I PM
5	191000	-66383	103610	-2301,8	PM F
6	78311	25122	0	11933	F E
7	-140300	-95459	11933	0	E D
8	-169700	0	0	0	D B
9	56123	0	0	0	B C
10	-180970	117,96	0	116,19	B A
11	169540	-125,94	116,19	0	A C
12	178470	7672,7	-2301,8	0	F C
13	-215060	352920	0	127670	H PM
14	-24612	-164480	65693	0	PM G
15	-413290	0	0	0	J H
16	-166310	0	0	0	G E
17	-199750	0	0	0	J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 3.3



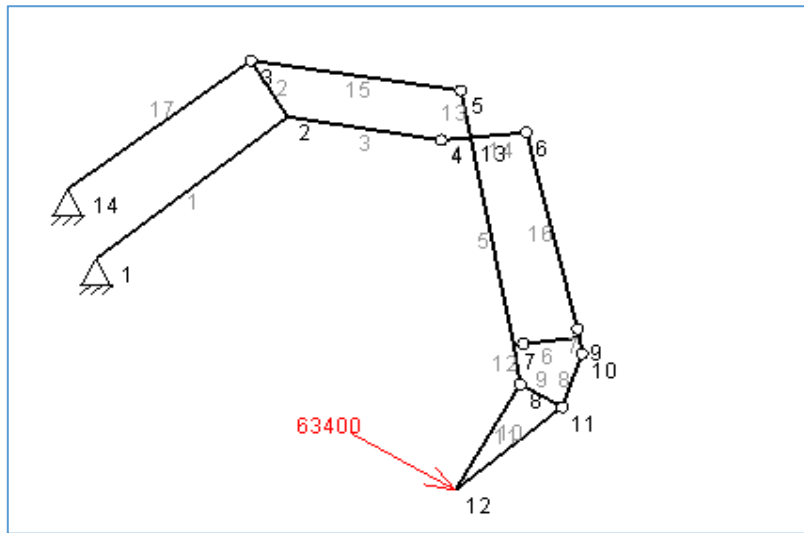
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	3.77E+05	3.00E+04	0	5.21E+04	K L
2	3.14E+05	-2.54E+04	1.27E+04	0	L J
3	5.02E+05	-3.55E+04	3.94E+04	0	L I
4	4.65E+05	1.92E+05	0	4.05E+04	I PM
5	1.76E+05	-6.83E+04	1.11E+05	1.64E+03	PM F
6	6.22E+04	3.22E+04	0	1.53E+04	F E
7	-1.28E+05	-1.22E+05	1.53E+04	0	E D
8	-1.77E+05	0	0	0	D B
9	1.37E+04	0	0	0	B C
10	-1.81E+05	9.69E+01	0	9.54E+01	B A
11	1.70E+05	-1.03E+02	9.54E+01	0	A C
12	1.70E+05	-5.45E+03	1.64E+03	0	F C
13	-2.32E+05	3.81E+05	0	1.38E+05	H PM
14	-2.22E+04	-1.69E+05	6.76E+04	0	PM G
15	-4.46E+05	0	0	0	J H
16	-1.71E+05	0	0	0	G E
17	-3.18E+05	0	0	0	J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 4.1

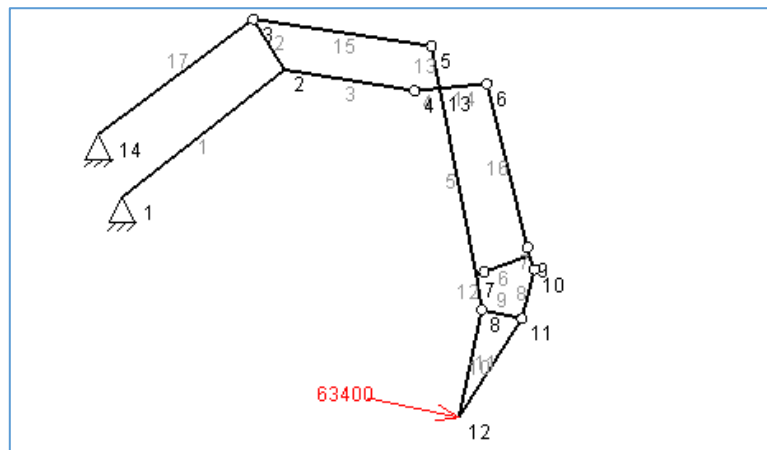


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	50411	59518	0	103360	K L
2	236440	-249720	124860	0	L J
3	421450	19387	-21507	0	L I
4	403210	124180	0	26150	I PM
5	217590	-56184	79944	-9695.6	PM F
6	97970	20053	0	9525.2	F E
7	-154700	-76202	9525.2	0	E D
8	-172450	0	0	0	D B
9	94776	0	0	0	B C
10	-180960	137.19	0	135.13	B A
11	169540	-146.47	135.13	0	A C
12	191600	32319	-9695.6	0	F C
13	-122090	341040	0	123370	H PM
14	-25935	-174180	69575	0	PM G
15	-362240	0	0	0	J H
16	-176100	0	0	0	G E
17	-26770	0	0	0	J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 4.2

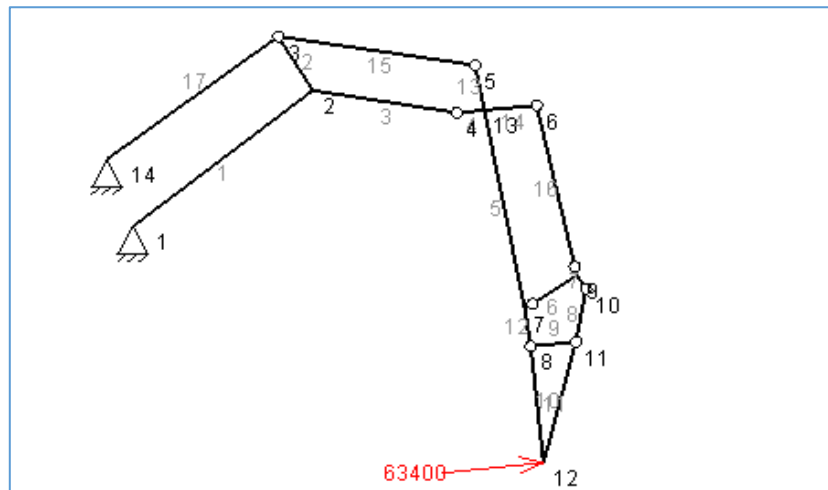


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	182910	52326	0	90867	K L
2	285210	-180490	90247	0	L J
3	485640	-559,01	620,13	0	L I
4	470350	120930	0	25464	I PM
5	191000	-66381	103610	-2303,3	PM F
6	78312	25123	0	11933	F E
7	-140300	-95464	11933	0	E D
8	-169700	0	0	0	D B
9	56123	0	0	0	B C
10	-180970	117,96	0	116,19	B A
11	169550	-125,94	116,19	0	A C
12	178470	7677,6	-2303,3	0	F C
13	-142350	397630	0	143840	H PM
14	-24612	-164480	65697	0	PM G
15	-422340	0	0	0	J H
16	-166310	0	0	0	G E
17	-142290	0	0	0	J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 4.3

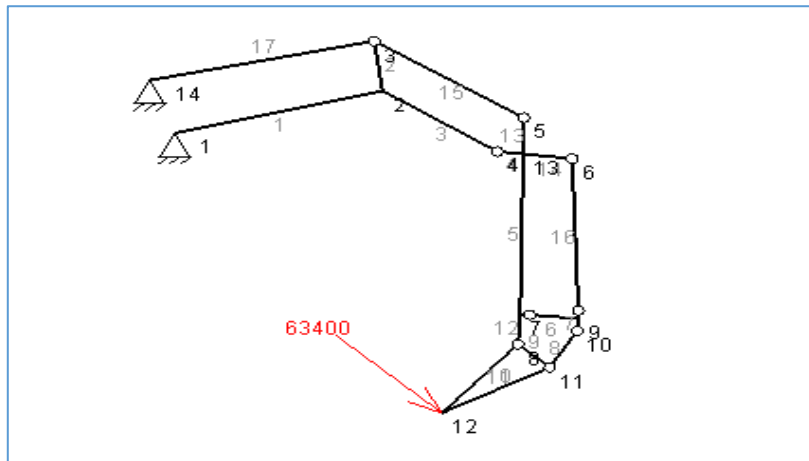


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	308040	40285	0	69958	K L
2	316430	-94251	47126	0	L J
3	516930	-20581	22831	0	L I
4	505640	109370	0	23030	I PM
5	176200	-68338	110660	1633.3	PM F
6	62155	32166	0	15279	F E
7	-127530	-122240	15279	0	E D
8	-176650	0	0	0	D B
9	13691	0	0	0	B C
10	-180980	96.852	0	95.399	B A
11	169550	-103.4	95.399	0	A C
12	170020	-5444.2	1633.3	0	F C
13	-153600	429070	0	155210	H PM
14	-22188	-169180	67575	0	PM G
15	-455730	0	0	0	J H
16	-170630	0	0	0	G E
17	-254420	0	0	0	J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 5.1

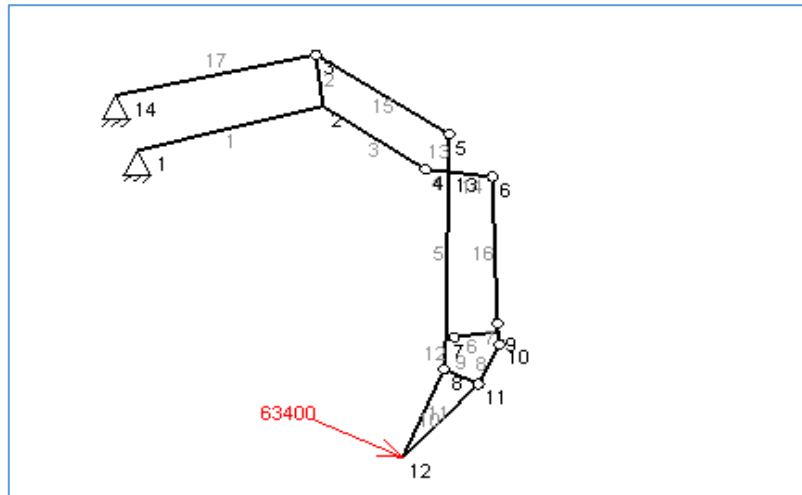


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final	
1	1.06E+05	5.51E+04		9.56E+04	K L
2	2.33E+05	-2.01E+05	1.01E+05		L J
3	4.17E+05	4.52E+03	-5.02E+03		L I
4	3.71E+05	1.90E+05		4.00E+04	I PM
5	2.18E+05	-5.62E+04	7.99E+04	-9.69E+03	PM F
6	9.80E+04	2.01E+04		9.53E+03	F E
7	-1.55E+05	-7.62E+04	9.53E+03		E D
8	-1.72E+05				D B
9	9.48E+04				B C
10	-1.81E+05	1.37E+02		1.35E+02	B A
11	1.70E+05	-1.46E+02	1.35E+02		A C
12	1.92E+05	3.23E+04	-9.69E+03		F C
13	-1.84E+05	3.03E+05		1.10E+05	H PM
14	-2.59E+04	-1.74E+05	6.96E+04		PM G
15	-3.54E+05				J H
16	-1.76E+05				G E
17	-7.08E+04				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 5.2

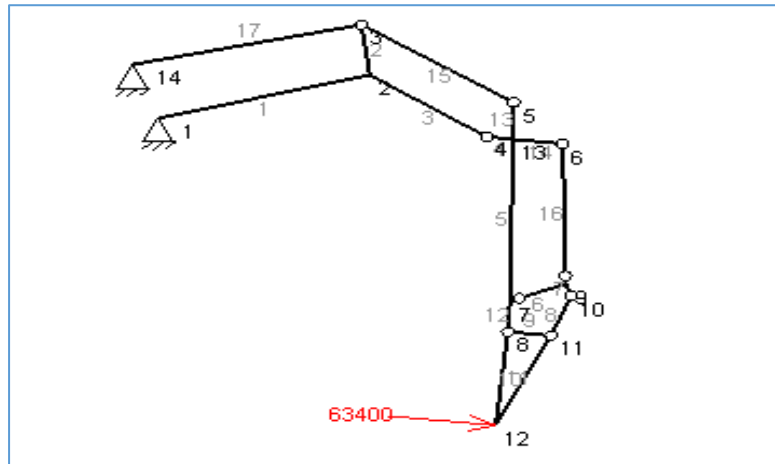


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final		
1	2,44E+05	4,58E+04		7,96E+04	K	L
2	2,80E+05	-1,23E+05	6,16E+04		L	J
3	4,76E+05	-1,62E+04	1,80E+04		L	I
4	4,33E+05	1,98E+05		4,16E+04	I	PM
5	1,91E+05	-6,64E+04	1,04E+05	-2,30E+03	PM	F
6	7,83E+04	2,51E+04		1,19E+04	F	E
7	-1,40E+05	-9,55E+04	1,19E+04		E	D
8	-1,70E+05				D	B
9	5,61E+04				B	C
10	-1,81E+05	1,18E+02		1,16E+02	B	A
11	1,70E+05	-1,26E+02	1,16E+02		A	C
12	1,78E+05	7,68E+03	-2,30E+03		F	C
13	-2,15E+05	3,53E+05		1,28E+05	H	PM
14	-2,46E+04	-1,64E+05	6,57E+04		PM	G
15	-4,13E+05				J	H
16	-1,66E+05				G	E
17	-1,94E+05				J	Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 5.3



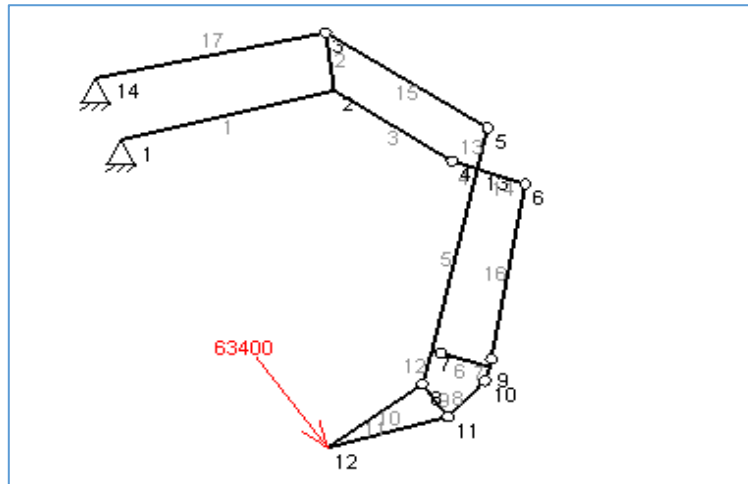
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector inicial	Flector final	
1	368460	32435		56326	K L
2	310140	-33815	16907		L J
3	502360	-35533	39418		L I
4	465490	192210		40478	I PM
5	176200	-68340	110670	1632.9	PM F
6	62156	32168		15280	F E
7	-127530	-122240	15280		E D
8	-176650				D B
9	13688				B C
10	-180980	96.84		95.388	B A
11	169550	-103.39	95.388		A C
12	170020	-5443.2	1632.9		F C
13	-232050	380830		137760	H PM
14	-22187	-169180	67573		PM G
15	-445960				J H
16	-170630				G E
17	-309110				J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 6.1



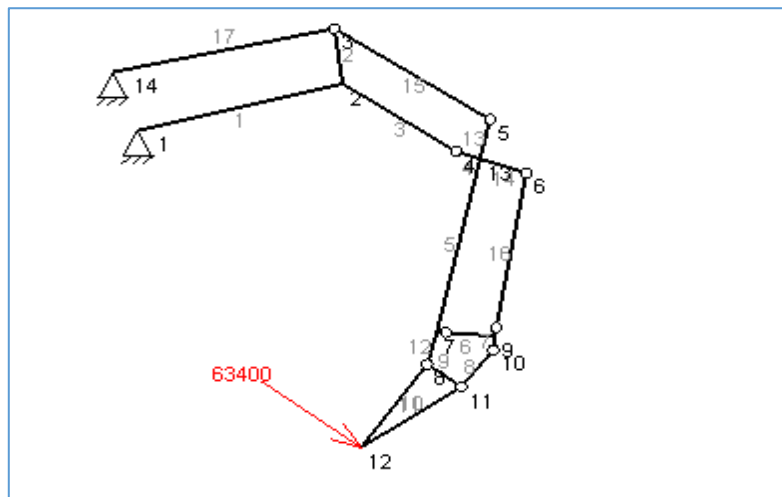
En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	49680	59721	0	103710	K L
2	236160	-250430	125210	0	L J
3	421450	19385	-21504	0	L I
4	403210	124180	0	26151	I PM
5	217590	-56187	79948	-9695,4	PM F
6	97970	20051	0	9524,4	F E
7	-154710	-76195	9524,4	0	E D
8	-172450	0	0	0	D B
9	94778	0	0	0	B C
10	-180960	137,19	0	135,13	B A
11	169550	-146,47	135,13	0	A C
12	191600	32318	-9695,4	0	F C
13	-122100	341040	0	123370	H PM
14	-25935	-174180	69571	0	PM G
15	-362240	0	0	0	J H
16	-176100	0	0	0	G E
17	-26045	0	0	0	J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.



Posición 6.2

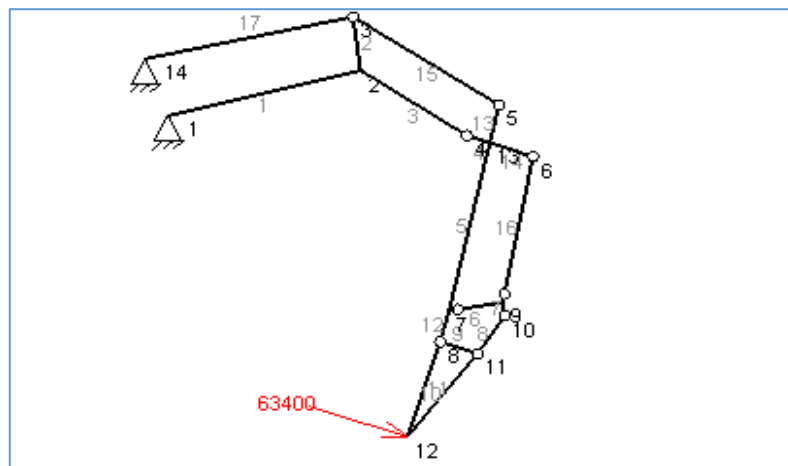


En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	179020	53406	0	92742	K L
2	283710	-184240	92120	0	L J
3	485650	-561,26	622,62	0	L I
4	470350	120920	0	25465	I PM
5	191000	-66384	103610	103610	PM F
6	78313	25123	0	11933	F E
7	-140300	-95464	11933	0	E D
8	-169700	0	0	0	D B
9	56123	0	0	0	B C
10	-180970	117,97		116,2	B A
11	169550	-125,94	116,2	0	A C
12	178470	7678,1	-2303,4	0	F C
13	-142360	397630	0	143840	H PM
14	-24611	-164480	65694	0	PM G
15	-422340	0	0	0	J H
16	-166310	0	0	0	G E
17	-138430	0	0	0	J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

Posición 6.3



En la siguiente tabla se adjunta el valor de los esfuerzos obtenidos:

Barras	Axil	Cortante	Flector Inicial	Flector Final	
1	301080	42216	0	73311	K L
2	313730	-100950	50477	0	L J
3	516930	-20583	22834	0	L I
4	505650	109360	0	23031	I PM
5	176210	-68341	110670	1631,4	PM F
6	62160	32171	0	15281	F E
7	-127530	-122240	15281	0	E D
8	-176660	0	0	0	D B
9	13684	0	0	0	B C
10	-180980	96,862	0	95,41	B A
11	169550	-103,41	95,41	0	A C
12	170020	-5438,1	1631,4	0	F C
13	-153620	429060	0	155210	H PM
14	-22188	-169180	67574		PM G
15	-455730	0	0	0	J H
16	-170630	0	0	0	G E
17	-247520	0	0	0	J Base

Los resultados de la tabla están expresados en valores de Newton para axil y cortante mientras que el momento flector esta expresado en Newton x Metro.

2. Calculo mediante EES

En este apartado se calcula las reacciones en los pasadores y fuerzas en los puntos de unión de piezas.

También se calcula la fuerza necesaria en los cilindros.

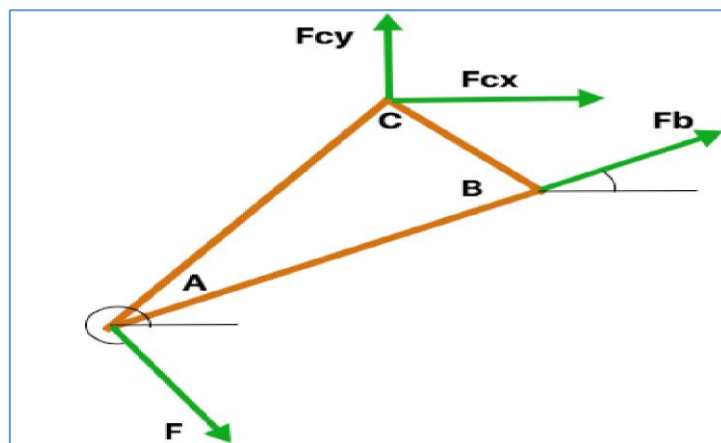
Primero se plantean los diagramas de solido libre y se realizan las ecuaciones que posteriormente se resolverán mediante el programa EES.

2.1 Diagramas de solido libre

Se analiza una posición para realizar las ecuaciones, después se va variando medidas y ángulos para cada posición.

Para obtener las ecuaciones se ha estudiado la “Posición 8”.

Cazo:



- Ecuaciones:

$$\sum F_x = 0 \gg F \cdot \cos(\alpha) + F_{Cx} + F_b \cdot \cos(\beta) = 0$$

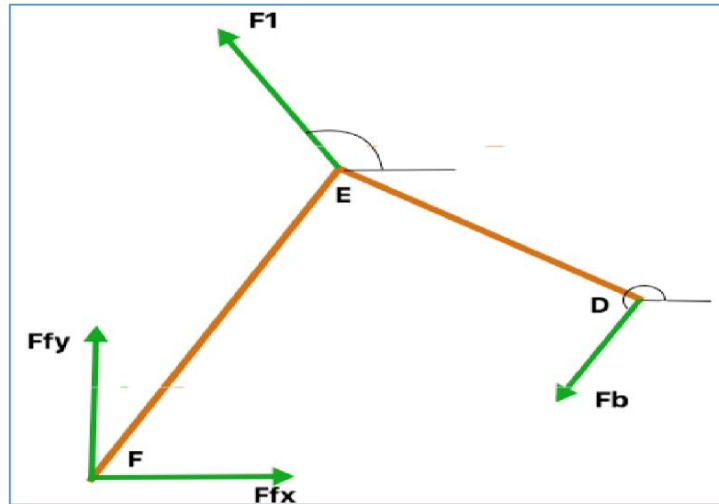
$$\sum F_y = 0 \gg F \cdot \sin(\alpha) + F_{Cy} + F_b \cdot \sin(\beta) = 0$$



$$\sum M_c = 0 \gg F_b \cdot \cos(\beta) \cdot L_{CBY} + F_b \cdot \sin(\beta) \cdot L_{CBX} + F \cdot \cos(\alpha) \cdot L_{CAy} - F \cdot \sin(\alpha) \cdot L_{CAx} = 0$$

- El ángulo que forma F con la horizontal es α
- El ángulo que forma Fb con la horizontal es β

Barra FED



- Ecuaciones:

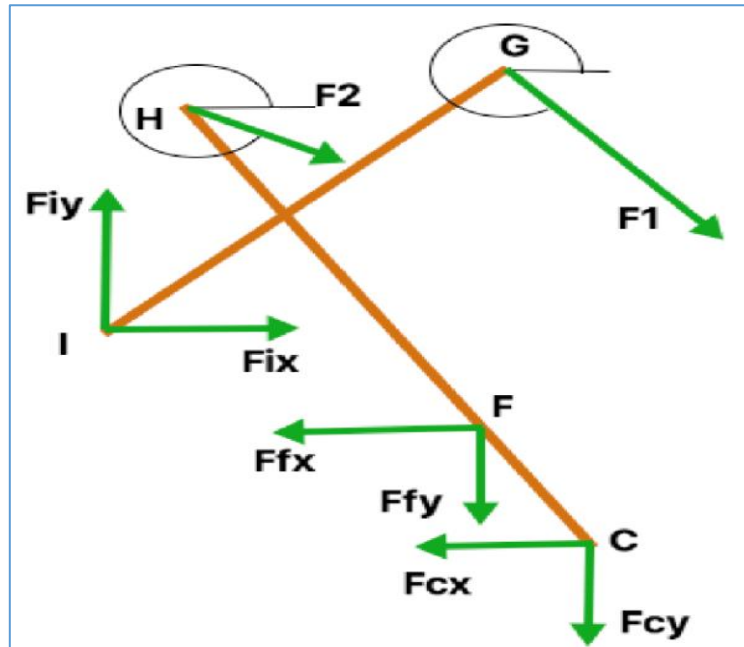
$$\sum F_x = 0 \gg F_b \cdot \cos(\gamma) + F_{Fx} + F_1 \cdot \cos(\delta) = 0$$

$$\sum F_y = 0 \gg F_b \cdot \sin(\gamma) + F_{Fy} + F_1 \cdot \sin(\delta) = 0$$

$$\sum M_F = 0 \gg -F_b \cdot \cos(\gamma) \cdot L_{FDY} + F_b \cdot \sin(\gamma) \cdot L_{FDX} - F_1 \cdot \cos(\delta) \cdot L_{FEY} + F_1 \cdot \sin(\delta) \cdot L_{FEX} = 0$$

- El ángulo que forma Fb con la horizontal es γ
- El ángulo que forma F1 con la horizontal es δ

Balancín



- Ecuaciones:

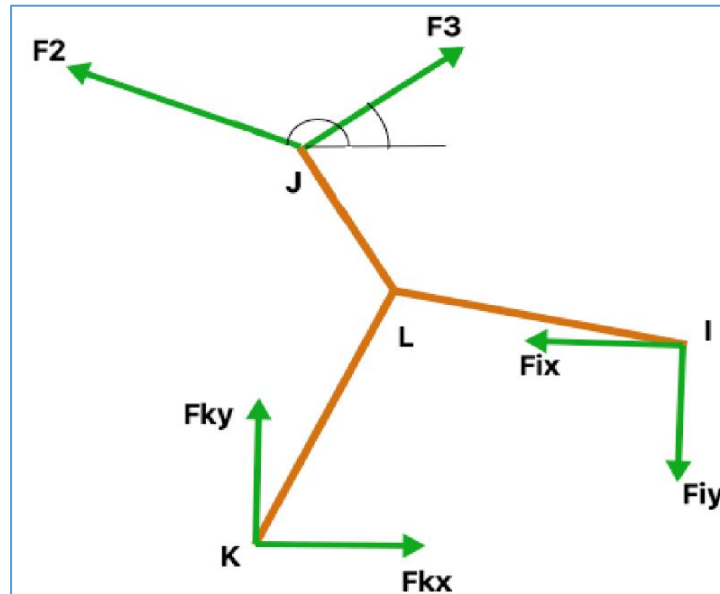
$$\sum F_x = 0 \gg F_{Ix} - F_{Fx} - F_{Cx} + F_2 \cdot \cos(\theta) + F_1 \cdot \cos(\mu) = 0$$

$$\sum F_y = 0 \gg F_{Iy} - F_{Fy} - F_{Cy} + F_2 \cdot \sin(\theta) + F_1 \cdot \sin(\mu) = 0$$

$$\begin{aligned} \sum M_I = 0 \gg & -F_2 \cdot \cos(\theta) \cdot L_{IH_y} + F_2 \cdot \sin(\theta) \cdot L_{IH_x} - F_1 \cdot \cos(\mu) \cdot L_{IG_y} \\ & + F_1 \cdot \sin(\mu) \cdot L_{IG_x} - F_{Fx} \cdot L_{IF_y} - F_{Fy} \cdot L_{IF_x} - F_{Cx} \cdot L_{IC_y} \\ & - F_{Cy} \cdot L_{IC_x} = 0 \end{aligned}$$

- El ángulo formado por F1 y la horizontal es μ
- El ángulo formado por F2 y la horizontal es θ

Pluma



- Ecuaciones:

$$\sum F_x = 0 \gg F_3 \cdot \cos(\varphi) + R_x - F_{Ix} + F_2 \cdot \cos(\omega) = 0$$

$$\sum F_y = 0 \gg F_3 \cdot \sin(\varphi) + R_y - F_{Iy} + F_2 \cdot \sin(\omega) = 0$$

$$\sum M_K = 0 \gg -F_3 \cdot \cos(\varphi) \cdot L_{KJy} + F_3 \cdot \sin(\varphi) \cdot L_{KJx} - F_2 \cdot \cos(\omega) \cdot L_{KJy} + F_2 \cdot \sin(\omega) \cdot L_{KJx} + F_{Ix} \cdot L_{KIy} - F_{Iy} \cdot L_{KJx} = 0$$

- El ángulo formado por F2 y la horizontal es ω
- El ángulo formado por F3 y la horizontal es φ

Este sería el sistema de ecuaciones para la Posición 8 y que nos sirve para las demás posiciones. Simplemente con variar los ángulos, las distancias y algún signo para cada posición se obtienen los sistemas de ecuaciones para todas las posiciones.



2.1 Resultados de los sistemas de ecuaciones.

En la siguiente tabla que se adjunta se muestran los resultados de las fuerzas obtenidas para cada posición, todas ellas en valor absoluto.

Posiciones	Fb	Fcx	Fcy	Ffx	Ffy	Fix	Fiy	Fkx	Fky
1,1	172449	2573	194288	99675	8389	387529	154345	119022	3221
1,2	169696	19755	177532	82210	2918	449792	156163	237948	64965
1,3									
2,1	172451	42913	189509	95745	28928	386282	169772	70785	31909
2,2	169699	17588	177762	81021	14237	453324	174252	183311	29910
2,3									
3,1	172452	37877	190580	100659	9575	414966	70953	121009	25513
3,2	169698	56235	169546	79808	19944	472437	59235	223742	119124
3,3	176648	65537	156979	66496	21745	501696	44329	315348	209079
4,1	172449	2573	194288	99665	8389	413142	85750	76478	15673
4,2	169696	19755	177532	82210	2918	479651	76194	176296	71723
4,3	176654	31436	167175	69593	7456	513700	61366	267336	158396
5,1	172451	42913	189509	95745	28928	346968	231543	116345	27556
5,2	169699	17588	177762	81059	15388	408642	246991	248850	15215
5,3	176634	4001	170039	69614	7173	439685	244173	364755	58162
6,1	172447	81374	176443	87636	48198	342542	246374	62822	45804
6,2	169695	54160	170218	76288	30775	407217	264715	186722	8182
6,3	176657	39279	165510	66609	21496	443790	264657	301910	32294
1	169620	100347	148641	72138	41152	482040	66289	201752	208818
2	171779	130616	113867	53944	53030	473758	141067	224547	372132
3	179509	113334	175717	103423	58233	355307	67700	65588	1052
4	179510	57008	201175	115929	25453	353891	90939	28543	122186
5	179508	107133	179564	105389	54590	365824	28745	79105	16310
6	169616	124632	128954	63894	53053	473233	73871	226285	257972
7									
8	176319	47062	197559	109184	18618	379203	68427	91491	2026
9	176657	81558	149281	63883	28597	501487	39081	338692	234384
10	176651	117413	123080	54303	44156	523540	38616	392706	295049
11	176656	137005	100826	35814	52914	522292	52883	351608	391189

Fuerzas en valores de Newton

Las líneas en rojo son posiciones que debido a problemas de geometría los resultados no dan exactos.



3. Resultado de fuerzas en los cilindros

Se muestra los valores obtenidos en el programa MEFI y con el programa EES.

Posiciones		Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3
Normal	1	EES 166513	423746	238254
		Mefi 166510	411200	227180
Normal	2	EES 166541	435460	376602
		Mefi 166450	435420	376940
Normal	3	EES 191256	300507	4927
		Mefi 191260	300460	4993,6
Normal	4	EES 191255	315127	105185
		Mefi 191260	315030	105310
Normal	5	EES 191252	304600	27038
		Mefi 191260	304560	27036
Normal	6	EES 166507	418430	286261
		Mefi 166510	418430	286320
Normal	7	EES		
		Mefi 181790	361800	128780
Normal	8	EES 184593	323027	39758
		Mefi 184590	323040	40085
Normal	9	EES 170627	448286	349780
		Mefi 170630	448280	349730
Normal	10	EES 170622	480724	427842
		Mefi 170630	480700	427960
Normal	11	EES 170629	480724	462592
		Mefi 170630	480720	462750
Pos	1.1	EES 176104	354514	70157
		Mefi 176100	354470	70094
Pos	1.2	EES 166303	413298	192508
		Mefi 166310	413280	192440
Pos	1.3	EES		
		Mefi 170710	445960	306090
Pos	2.1	EES 176107	362287	25900
		Mefi 176100	362240	25791
Pos	2.2	EES 166303	422359	137205
		Mefi 166280	419640	130860
Pos	2.3	EES		
		Mefi 170630	455740	245100
Pos	3.1	EES 179375	358369	75633
		Mefi 176100	354470	72758
Pos	3.2	EES 169698	413304	199750
		Mefi 166310	413290	199750
Pos	3.3	EES 170636	446003	317737
		Mefi 169350	449740	357830
Pos	4.1	EES 176104	362290	26874
		Mefi 176100	362240	26770
Pos	4.2	EES 166303	422364	142369
		Mefi 166310	422340	142290
Pos	4.3	EES 170626	455748	254491
		Mefi 170630	455730	254420
Pos	5.1	EES 176107	354511	70808
		Mefi 176100	354480	70785
Pos	5.2	EES 167455	414654	195284
		Mefi 166310	413290	194330
Pos	5.3	EES 170604	445286	308580
		Mefi 170630	445960	309110
Pos	6.1	EES 176100	362286	26139
		Mefi 176100	362240	26045



Pos	6.2	EES	166304	422393	138518
		Mefi	166310	422340	138430
Pos	6.3	EES	170629	455109	247121
		Mefi	170630	455730	247520

Se indican los valores de la fuerza de los cilindros obtenido de diferente manera, los marcados en rojo son valores erróneos.

Las unidades de las fuerzas son Newton.

3.1 Comparación de datos

Una vez obtenidos los resultados de los esfuerzos en los cilindros por ambos métodos, se ha realizado una variación media de los resultados y se ha obtenido un resultado de **1,001674837** en tanto por uno.

Se puede concluir que los resultados obtenidos de ambas formas han sido correctos.

4. Numeración de Barras con Nudos en la estructura.

Numeración de las barras:

- Los números en color gris en la foto indican el número de la barra
- Las letras de la derecha de la tabla serían las que corresponden a cada punto de la estructura.
- Axil y cortante son constantes a lo largo de la barra mientras que el flector no, por eso hay Flector inicial y final.
- Primera letra indica el inicio de la barra y la segunda el punto final de la barra.
- Nombre de los puntos:
 - 1 >> K
 - 2 >> L
 - 3 >> J
 - 4 >> I
 - 5 >> H
 - 6 >> G
 - 7 >> F
 - 8 >> C
 - 9 >> E
 - 10 >> D
 - 11 >> B
 - 12 >> A





Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Análisis y dimensionamiento de una
retropala para una fuerza de excavación de
63.4 KN.

ANEXO III: Determinación de Cilindros.

Autor

Monge Catalán, Alberto.

Director

Javier Óscar Abad Blasco

Escuela de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Zaragoza.

2017/2018



INDICE

1.	Calculo de Cilindros	2
1.1	Calculo de fuerzas mediante MEFI	2
1.2	Calculo de las dimensiones del pistón	3
1.3	Selección del diámetro del pistón	5
2.	Calculo del diámetro de vástago.	6
2.1	Cilindro 1	6
2.2	Cilindro 2	7
2.3	Cilindro 3	8
3.	Resultados finales.....	9
4.	Selección de Cilindros.....	9
4.1	Selección Cilindro 1	11
4.2	Selección Cilindro 2 y 3.	12
4.3	Designación de pedido.	13



1. Calculo de Cilindros

Para realizar el cálculo de los cilindros utilizo dos maneras, una mediante el programa EES utilizando las ecuaciones de solido libre y la otra manera es mediante el programa MEFI.

1.1 Calculo de fuerzas mediante MEFI

El programa MEFI para calcular los cilindros nos lo calcula como si fuera una viga de sección circular y nos da unos valores de compresión o tracción según la posición del brazo retroexcavador.

En esta tabla adjunto los valores de fuerza en Newton de los cilindros que me proporciona MEFI:

Posición	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3
N 1	166510	411200	227180
N 2	166450	435420	376940
N 3	191260	300460	499360
N 4	191260	315030	105310
N 5	191260	304560	27036
N 6	166510	418430	286320
N 7	181790	361800	128780
N 8	184590	323040	40085
N 9	170630	448280	349730
N 10	170630	480700	427960
N 11	170630	480720	462750
1,1	176100	354470	70094
1,2	166310	413280	192440
1,3	170710	445960	306090
2,1	176100	362240	25791
2,2	166280	419640	130860
2,3	170630	455740	245100
3,1	176100	354470	72758
3,2	166310	413290	199750
3,3	169350	449740	357830
4,1	176100	362240	26770
4,2	166310	422340	142290
4,3	170630	455730	254420
5,1	176100	354480	70785
5,2	166310	413290	194330
5,3	170630	445960	309110
6,1	176100	362240	26045
6,2	166310	422340	138430
6,3	170630	455730	247520



1.2 Calculo de las dimensiones del pistón

Una vez tenemos los valores de los esfuerzos, mediante las siguientes ecuaciones calculo las dimensiones de como diámetro y área del pistón de cada uno de los cilindros que voy a necesitar para poder trabajar en las anteriores posiciones.

- Ecuaciones:

$$p = \frac{F_{cil}}{A_{cil}} \quad A_{pis} = \pi \times \frac{D_{cil}^2}{4} \gggg D_{pis} = \sqrt[2]{4 \times \frac{A_{cil}}{\pi}}$$

Datos como la presión (p) y la fuerza (F) que tiene que hacer el cilindro son conocidos.

- p = 250 bares = 25 Mpa
- F = según posición corresponde a un valor de la tabla.

Primero con la fuerza y la presión se calcula el área necesaria del pistón:

Posición	Área del pistón 1 (mm ²)	Área del pistón 2	Área del pistón 3 (mm ²)
N 1	6660,4	16448	9087,2
N 2	6658	17416,8	15077,6
N 3	7650,4	12018,4	19974,4
N 4	7650,4	12601,2	4212,4
N 5	7650,4	12182,4	1081,44
N 6	6660,4	16737,2	11452,8
N 7	7271,6	14472	5151,2
N 8	7383,6	12921,6	1603,4
N 9	6825,2	17931,2	13989,2
N 10	6825,2	19228	17118,4
N 11	6825,2	19228,8	18510
1,1	7044	14178,8	2803,76
1,2	6652,4	16531,2	7697,6
1,3	6828,4	17838,4	12243,6
2,1	7044	14489,6	1031,64
2,2	6651,2	16785,6	5234,4
2,3	6825,2	18229,6	9804
3,1	7044	14178,8	2910,32
3,2	6652,4	16531,6	7990
3,3	6774	17989,6	14313,2
4,1	7044	14489,6	1070,8
4,2	6652,4	16893,6	5691,6
4,3	6825,2	18229,2	10176,8
5,1	7044	14179,2	2831,4
5,2	6652,4	16531,6	7773,2
5,3	6825,2	17838,4	12364,4



6,1	7044	14489,6	1041,8
6,2	6652,4	16893,6	5537,2
6,3	6825,2	18229,2	9900,8

En la tabla anterior estarían las áreas necesarias para cada pistón que demanda la fuerza según su posición, ya que cambian las fuerzas.

Seguidamente una vez tenemos el área del pistón es calcular el diámetro:

En la siguiente tabla tenemos los diámetros relacionados a cada área del pistón

Posición	D1	D2	D3
N 1	92,08958456	144,7161188	107,5660946
N 2	92,07299134	148,9170897	138,5563603
N 3	98,6966539	123,7039835	15,94766958
N 4	98,6966539	126,667824	73,23609169
N 5	98,6966539	124,54514	37,10748941
N 6	92,08958456	145,9828239	120,7580791
N 7	96,2222146	135,7452478	80,98686052
N 8	96,96040888	128,2680535	45,18364858
N 9	93,22192114	151,1001985	133,4617445
N 10	93,22192114	156,4686784	147,6358887
N 11	93,22192114	156,4719334	153,519507
1,1	94,70437261	134,363125	59,7490185
1,2	92,0342622	145,0816706	99,00064577
1,3	93,24377216	150,7086941	124,8575831
2,1	94,70437261	135,8277654	36,24302546
2,2	92,02596098	146,1937454	81,63827345
2,3	93,22192114	152,3522693	111,727996
3,1	94,70437261	134,363125	60,87384436
3,2	92,0342622	145,0834258	100,8634334
3,3	92,8716056	151,3460571	134,998433
4,1	94,70437261	135,8277654	36,92449284
4,2	92,0342622	146,6633029	85,1290022
4,3	93,22192114	152,3505978	113,8324223
5,1	94,70437261	134,3650202	60,04280482
5,2	92,0342622	145,0834258	99,48561264
5,3	93,22192114	150,7086941	125,4720174
6,1	94,70437261	135,8277654	36,42105605
6,2	92,0342622	146,6633029	83,96638633
6,3	93,22192114	152,3505978	112,2782155
Diámetro mayor	98,6966539	156,4719334	153,519507

Los diámetros seleccionados son los mayores, con esto nos aseguramos que en las posiciones de trabajo va poder realizar la fuerza de excavación demandada.



Para otras posiciones donde solicite más fuerza y con ello diámetro más grande de pistón la fuerza de excavación será menor.

1.3 Selección del diámetro del pistón

	DIAMETRO 1	DIAMETRO 2	DIAMETRO 3
DIÁMETRO MAYOR	98,6966539	156,4719334	153,519507

Las unidades de los diámetros están en milímetros.

Aquí se indica los diámetros seleccionados para cada pistón, debido a que estos serían los diámetros mayores demandados en las posiciones estudiadas.

Con la selección nos damos cuenta que podremos realizar la fuerza de excavación máxima en todas estas posiciones estudiadas, para otras seguramente no podrán y con ello la fuerza de excavación será menor.

Selección del diámetro real:

Debido a que el diámetro del pistón va ser un diámetro comercial de catálogo redondeamos el valor calculado al más cercano del diámetro comercial.

- Diámetro uno seleccionamos un diámetro de 100 mm.
- Diámetros dos y tres seleccionamos un diámetro de 160 mm, ya que la empresa utilizada no tiene diámetros de 150mm para seleccionar el diámetro 2.



2. Calculo del diámetro de vástago.

Una vez seleccionados los diámetros de pistón se procede a calcular el vástago necesario para poder realizar las posiciones de trabajo.

2.1 Cilindro 1

El cilindro 1 tiene un diámetro de pistón de 100 mm y puede realizar una fuerza de 196344,75 N.

El cálculo se realizara a pandeo ya que la longitud y la fuerza de trabajo pueden hacer que el vástago falle a pandeo.

$$L_{max} = 1950 \text{ mm} \quad L_{min} = 1400 \text{ mm}$$

Con estas dos medidas podemos establecer la carrera del cilindro:

$$Carrera = L_{max} - L_{min} = 550 \text{ mm}$$

Según los amarres del cilindro se establece un parámetro llamado β que tiene un valor de 2 al tener ambos apoyos articulados.

$$\beta = 2$$

Teniendo los datos de la carrera del cilindro y el parámetro beta se establece una longitud de pandeo

$$L_{pandeo} = \beta \cdot Carrera = 1100 \text{ mm.}$$

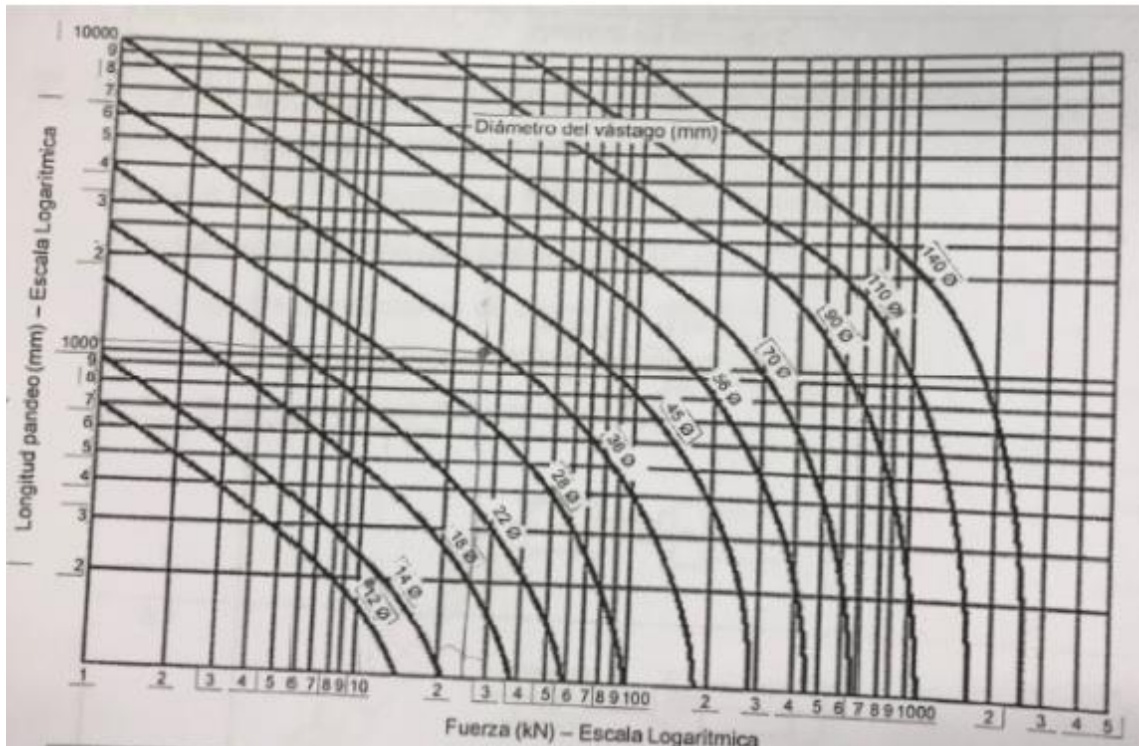


Tabla de valores del diámetro de vástago en relación con la longitud de pandeo y la fuerza del cilindro.

Ahora entrando en la tabla con el valor de la longitud de pandeo y el valor de la fuerza en el cilindro se determina el valor que tendrá que tener el diámetro del vástago.

El valor del diámetro del vástago está entre los valores de diámetro de 56 a 70 mm, se escoge el mayor valor de los dos.

$$\Phi_{vástago} = 70 \text{ mm}$$

2.2 Cilindro 2

El cilindro 2 tiene un diámetro de pistón de 100 mm y puede realizar una fuerza de 502642,56 N.

El cálculo se realizara a pandeo ya que la longitud y la fuerza de trabajo pueden hacer que el vástago falle a pandeo.

$$L_{max} = 1800 \text{ mm} \quad L_{min} = 1400 \text{ mm}$$



Con estas dos medidas podemos establecer la carrera del cilindro:

$$Carrera = L_{max} - L_{min} = 400 \text{ mm}$$

Según los amarres del cilindro se establece un parámetro llamado β que tiene un valor de 2 al tener ambos apoyos articulados.

$$\beta = 2$$

Teniendo los datos de la carrera del cilindro y el parámetro beta se establece una longitud de pandeo

$$L_{pandeo} = \beta \cdot Carrera = 800 \text{ mm.}$$

Ahora entrando en la tabla anterior que relaciona el diámetro de vástago con la longitud de pandeo y la fuerza del cilindro se selecciona el valor del diámetro del vástago.

El valor del diámetro del vástago esta entre los valores de diámetro de 70 a 90 mm, se escoge el mayor valor de los dos.

$$\phi_{vastago} = 90 \text{ mm}$$

2.3 Cilindro 3

El cilindro 3 tiene un diámetro de pistón de 100 mm y puede realizar una fuerza de 502642,56 N.

El cálculo se realizara a pandeo ya que la longitud y la fuerza de trabajo pueden hacer que el vástago falle a pandeo.

$$L_{max} = 1800 \text{ mm} \quad L_{min} = 1350 \text{ mm}$$

Con estas dos medidas podemos establecer la carrera del cilindro:

$$Carrera = L_{max} - L_{min} = 450 \text{ mm}$$

Según los amarres del cilindro se establece un parámetro llamado β que tiene un valor de 2 al tener ambos apoyos articulados.



$$\beta = 2$$

Teniendo los datos de la carrera del cilindro y el parámetro beta se establece una longitud de pandeo

$$L_{pandeo} = \beta \cdot Carrera = 900 \text{ mm.}$$

Ahora entrando en la tabla anterior que relaciona el diámetro de vástago con la longitud de pandeo y la fuerza del cilindro se selecciona el valor del diámetro del vástago.

El valor del diámetro del vástago esta entre los valores de diámetro de 70 a 90 mm, se escoge el mayor valor de los dos.

$$\emptyset_{vástago} = 90 \text{ mm.}$$

3. Resultados finales.

Se adjunta una tabla con los datos finales de los cilindros, para su elección correspondiente.

CILINDRO	1	2	3
$\emptyset_{pistón}$	100	160	160
$\emptyset_{vástago}$	70	90	90
Carrera	550	400	450

Tabla de resultados de cilindros, valores en mm.

Se buscaría en un catálogo y se seleccionarían los cilindros que cumplan estos requisitos y una presión de trabajo de 250 bares.

4. Selección de Cilindros.

En este apartado se selecciona según las características anteriores el cilindro en un catálogo comercial, para este caso la marca comercial elegida es GLUAL HYDRAULICS.



Características de los cilindros en relación con la serie KD.

CARACTERISTICAS KD																						
Norma	ISO 6022																					
Tipo de construcción	Con brida																					
Presión nominal	250 bar																					
Presión de prueba	375 bar																					
Posición de montaje	indiferente																					
Temperatura ambiente	-20°C...+80°C con estanqueidad tipo 1-3-8																					
	-20°C...+160°C con estanqueidad vitón tipo 2-4-5																					
Temperatura del fluido	-20°C...+80°C con estanqueidad tipo 1-3-8																					
	-20°C...+160°C con estanqueidad vitón tipo 2-4-5																					
Fluido	Aceite mineral – Otros fluidos bajo demanda																					
Viscosidad	12...90 cSt																					
Filtración	Grado de filtración según NAS 1638 clase 9...10 a obtener con filtro $\beta_{25} = 75$																					
Estanqueidad vástago y pistón	Ver codificación para pedido, página 87																					
Ø Pistón (mm)	50	63	80	100	125	140	160	180	200	250	320											
Ø Vástago (mm)	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	90	100	100	110	110	125	125	140	160	180	200	220
Velocidad máxima (m/s) Juntas tipo 1-3-5-4	0,5		0,4			0,25						0,2										
Velocidad máxima (m/s) Juntas tipo 8-2	1					0,7						0,5										
Longitud de amortiguación (mm)	Delantera	20	25	30	35	50	50	55	65	70	90	100										
	Trasera	20	25	30	35	50	50	55	65	70	90	100										
Tolerancia de carrera	ISO 8135																					

Tabla del catálogo GLUAL de características del cilindro.



4.1 Selección Cilindro 1

SECCIÓN, FUERZA, CAUDAL

Bore	Rod	Area ratio	Areas			Force at 250 bar ¹			Flow at 0,1 m/s ²		
			Bore	Rod	Annulus	Push	Regen.	Pull	Out	Regen.	in
Kolben	Kolbenstange	Flächenverhältnis	Kolben	Flächenstange	Ring.	Kraft bei 250 bar ¹			Volumenstrom bei 0,1 m/s ²		
Alesage	Tige	Rapport de section	Alesage	Sections Tige	Annulaire	Druck	Diff.	Zug	Aus	Diff.	Ein
Pistón	Vástago	Relación secciones	Pistón	Sección Vástago	Anular	Fuerza a 250 bar ¹			Caudal a 0,1 m/s ²		
AL	MM	Ø	A ₁	A ₂	A ₃	F ₁	F ₂	F ₃	q _{V1}	q _{V2}	q _{V3}
Ø mm	Ø mm	A1/A3	cm ²	cm ²	cm ²	kN	kN	kN	l/min	l/min	l/min
50	32	1,69	19,63	8,04	11,59	49,07	20,1	28,97	11,8	4,8	6,9
	36	2,08		10,18	9,45		25,45	23,63		6,1	5,7
63	40	1,67	31,17	12,56	18,61	77,92	31,4	46,52	18,7	7,5	11,2
	45	2,04		15,90	15,27		39,75	38,17		9,5	9,2
80	50	1,64	50,26	19,63	30,63	125,65	49,07	76,57	30,2	11,8	18,4
	56	1,96		24,63	25,63		61,57	64,07		14,8	15,4
100	63	1,65	78,54	31,17	47,37	196,35	77,92	118,42	47,1	18,7	28,4
	70	1,96		38,48	40,06		96,2	100,15		23,1	24
125	80	1,69	122,72	50,26	72,46	306,8	125,65	181,15	73,63	30,2	43,5
	90	2,08		63,62	59,1		159,05	147,75		38,17	35,5
140	90	1,70	153,94	63,62	90,32	384,85	159,05	225,8	92,36	38,17	54,2
	100	2,04		78,54	75,4		196,35	188,5		47,12	45,2
160	100	1,64	201,06	78,54	122,52	502,65	196,35	306,3	120,6	47,12	73,5
	110	1,90		95,03	106		237,57	265		57	63,6
180	110	1,60	254,47	95,03	159,44	636,17	237,57	398,5	152,7	57	95,6
	125	1,93		122,72	131,75		306,8	329,37		73,6	79
200	125	1,64	314,16	122,72	191,44	785,4	306,8	478,6	188,5	73,6	114,9
	140	1,96		153,96	160,2		384,9	400,5		92,4	96,12
250	160	1,69	490,8	201,06	289,74	1227	502,65	474,3	294,5	120,6	173,8
	180	2,08		254,4	236,4		636	591		152,6	141,8
320	200	1,64	804,2	314,16	490,04	2010,5	785,4	1225,1	482,5	188,5	294
	220	1,90		380,1	424,1		950,25	1060,2		228,1	254,5

Tabla de datos según el diámetro de pistón del catálogo GLUAL.

El cilindro elegido sería el del recuadro negro con diámetro de vástago 70 mm.

4.2 Selección Cilindro 2 y 3.

Los cilindros 2 y 3 son iguales pero la carrera es diferente en relación a la hora de elegir el tipo de cilindro será el mismo pero la carrera cambiara para cada uno tendrá que tener su propia carrera.

SECCIÓN, FUERZA, CAUDAL

Bore	Rod	Area ratio	Areas			Force at 250 bar ¹			Flow at 0,1 m/s ²		
			Bore	Rod	Annulus	Push	Regen.	Pull	Out	Regen.	in
Kolben	Kolbenstange	Flächenverhältnis	Kolben	Flächenstange	Ring.	Kraft bei 250 bar ¹			Volumenstrom bei 0,1 m/s ²		
Alesage	Tige	Rapport de section	Alesage	Sections Tige	Annulaire	Force à 250 bar ¹			Débit à 0,1 m/s ²		
Pistón	Vástago	Relación secciones	Pistón	Sección Vástago	Anular	Fuerza a 250 bar ¹			Caudal a 0,1 m/s ²		
AL	MM	Ø	A ₁	A ₂	A ₃	Empuje	Diferencial	Tracción	Salida	Diferencial	Entrada
Ø mm	Ø mm	A1/A3	cm ²	cm ²	cm ²	F ₁	F ₂	F ₃	q _{V1}	q _{V2}	q _{V3}
						kN	kN	kN	l/min	l/min	l/min
50	32 36	1,69 2,08	19,63	8,04 10,18	11,59 9,45	49,07	20,1 25,45	28,97 23,63	11,8	4,8 6,1	6,9 5,7
63	40 45	1,67 2,04	31,17	12,56 15,90	18,61 15,27	77,92	31,4 39,75	46,52 38,17	18,7	7,5 9,5	11,2 9,2
80	50 56	1,64 1,96	50,26	19,63 24,63	30,63 25,63	125,65	49,07 61,57	76,57 64,07	30,2	11,8 14,8	18,4 15,4
100	63 70	1,65 1,96	78,54	31,17 38,48	47,37 40,06	196,35	77,92 96,2	118,42 100,15	47,1	18,7 23,1	28,4 24
125	80 90	1,69 2,08	122,72	50,26 63,62	72,46 59,1	306,8	125,65 159,05	181,15 147,75	73,63	30,2 38,17	43,5 35,5
140	90 100	1,70 2,04	153,94	63,62 78,54	90,32 75,4	384,85	159,05 196,35	225,8 188,5	92,36	38,17 47,12	54,2 45,2
160	100 110	1,64 1,90	201,06	78,54 95,03	122,52 106	502,65	196,35 237,57	306,3 265	120,6	47,12 57	73,5 63,6
180	110 125	1,60 1,93	254,47	95,03 122,72	159,44 131,75	636,17	237,57 306,8	398,5 329,37	152,7	57 73,6	95,6 79
200	125 140	1,64 1,96	314,16	122,72 153,96	191,44 160,2	785,4	306,8 384,9	478,6 400,5	188,5	73,6 92,4	114,9 96,12
250	160 180	1,69 2,08	490,8	201,06 254,4	289,74 236,4	1227	502,65 636	474,3 591	294,5	120,6 152,6	173,8 141,8
320	200 220	1,64 1,90	804,2	314,16 380,1	490,04 424,1	2010,5	785,4 950,25	1225,1 1060,2	482,5	188,5 228,1	294 254,5

Tabla de datos según el diámetro del pistón del catálogo GLUAL.

En este caso el diámetro de vástago calculado era de 90 mm pero este fabricante no me lo permite por lo tanto se cambiara el diámetro de vástago de 90 a 100mm puesto que es el más cercano al valor calculado.



4.3 Designación de pedido.

Para realizar la compra de los cilindros elegidos se tienen que hacer bajo una designación establecida por el fabricante, se adjunta la imagen para ver cómo sería el código designación para pedir.

GLUAL **KD**
HIDRAULICA ISO 6022

Designación cilindro KD

KD * - 63 / 45 / 45 x 200 - A 3 0 1 - G - F - 1 - 20

TIPO

DETECTOR INDUCTIVO
X = Ambos lados
Y = Delantero
Z = Trasero

PISTON Ø

VASTAGO Ø

VASTAGO Ø (DOBLE VASTAGO)

CARRERA

TIPO FIJACION
A - MFA = Brida delantera
B - MFA = Brida trasera
C - MFA = Chamela macho
E - MFA = Fijación por patas
L - MFA = Muñones intermedios
S - MFA = Chamela con rótula

AMORTIGUACION
0 = Sin amortiguación
1 = Solamente trasera
2 = Solamente delantera
3 = Delantera y trasera

DISTANCIADOR (1)
0 = 0 mm. para carrera de 0-1000 mm.
2 = 50 mm. para carrera de 1001-1500 mm.
4 = 100 mm. para carrera de 1501-2000 mm.
6 = 150 mm. para carrera de 2001-2500 mm.
8 = 200 mm. para carrera de 2501-3000 mm.

Nº SERIE

POSICION DE CONEXION
Visto por lado vástago
0 = Standard

TIPO VASTAGO
H = Cromado duro
N = Niquelado y cromado duro
I = Inox. AISI 431 cromado duro
A = 42 Cr Mo 4 v cromado duro
E = Templado y cromado duro

CONEXIONES, ver página 105
G = BSP - Gas - ISO 228/1
M = Métrica
S = ISO/DIS 6162.2
N = NPT
U = UNF-2B
V = BSP - Gas - ISO 228/1
W = Métrica
X = ISO/DIS 6162.2
Y = NPT
Z = UNF-2B

JUNTAS
Para aceite mineral - DIN 51524 HL, HLP
0 = Sistema standard de juntas
1 = Empaquetaduras
2 = Servo calidad/baja fricción
Para Ester fosforico HFD-R
3 = Servo calidad/baja fricción/vitón
4 = Sistema standard de juntas/vitón
5 = Empaquetaduras/vitón

Designación juntas de repuesto
G 1 - KD - 63 / 45 / 45 - 20
↓
Tipo de junta
(ver parte superior)

(1) Se aumenta la longitud del cilindro



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Análisis y dimensionamiento de una
retropala para una fuerza de excavación de
63.4 KN.

ANEXO IV: Dimensionamiento de elementos.

Autor

Monge Catalán, Alberto.

Director

Javier Óscar Abad Blasco

Escuela de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Zaragoza.

2017/2018



INDICE

1.	Dimensionamiento de los elementos.	2
1.1	Aceros empleados	2
1.2	Teorías utilizadas para los cálculos.	2
1.2.1	Teoría del cortante máximo.	2
1.2.2	Teoría de la distorsión de Von Mises.	3
1.3	Calculo de la sección de la pluma	4
1.4	Calculo de la sección del balancín.....	8
1.5	Calculo de la sección de la barra F-E-D.....	11
1.6	Calculo de la sección de la barra B-D	14
2.	Dimensionamiento de pasadores.	17
3.	Dimensionamiento de orejetas	19
3.1	Orejeta en el nudo G.....	19
3.2	Calculo de la orejeta en el punto H.....	23
3.3	Calculo de orejeta en el punto C.....	27
3.4	Orejeta en el punto K.....	30
3.5	Calculo de orejeta situada en J	33
3.6	Calculo de orejeta situada en I	36
3.6.1	Orejeta en la pluma.	36
3.6.2	Orejeta en el balancín	39
3.7	Cálculo del alojamiento del pasador en el punto F	39



1. Dimensionamiento de los elementos.

Una vez obtenidos los esfuerzos de todas los elementos, con la ayuda del Microsoft Excel se dimensionan para que todos elementos soporten de manera adecuada los esfuerzos a los que están sometidos.

Todos los elementos tienen un coeficiente de Seguridad de 3 y como método de cálculo se utiliza **Teoría de la tensión cortante máxima** y **Teoría de la distorsión de Von Mises**.

1.1 Aceros empleados

Los aceros utilizados para las piezas son los siguientes:

- Acero para piezas y orejetas : **Acero S450JR**
- Acero para pasadores: **Acero E450**

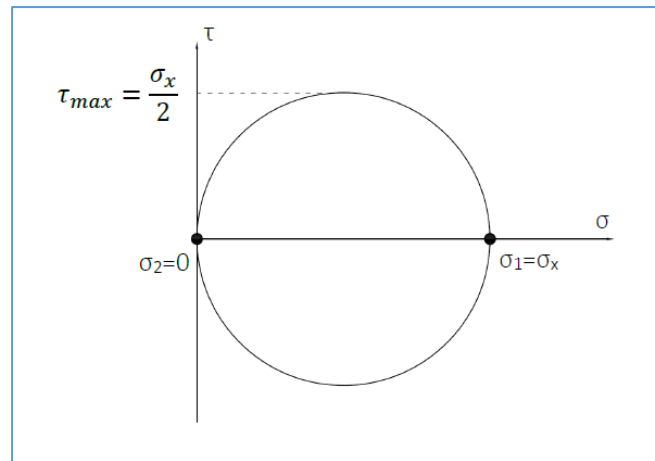
1.2 Teorías utilizadas para los cálculos.

A la hora de dimensionar se han utilizado diferentes Teorías para realizar los cálculos, se han utilizado la Teoría del cortante máximo y la Teoría de la distorsión de Von Mises.

1.2.1 Teoría del cortante máximo.

El fallo de un material según esta teoría viene dado cuando la tensión de cortadura máxima en cualquier elemento sea igual a la tensión cortante máxima en una probeta a tracción.

En todos nuestros casos tenemos tensión uniaxial. Por lo que el círculo de Mohr quedaría de la siguiente manera:



Según el círculo de Mohr se puede deducir la tensión de cortante máxima, que vendrá dada por la siguiente expresión:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

Se puede relacionar con la tensión de fluencia del material de la siguiente manera:

$$C_s = \frac{\sigma_f}{2 \cdot \tau_{max}} \gg \gg \tau_{max} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s}$$

1.2.2 Teoría de la distorsión de Von Mises.

La fluencia se producirá siempre que la energía de distorsión en una unidad de volumen sea igual a la energía de distorsión en el mismo volumen cuando se le someta a tensión uniaxial hasta el valor de la resistencia de fluencia.

Según esta teoría se puede desarrollar una tensión equivalente llamada tensión de Von Mises.

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

Con esta tensión equivalente se puede llegar a la siguiente expresión:

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2}$$

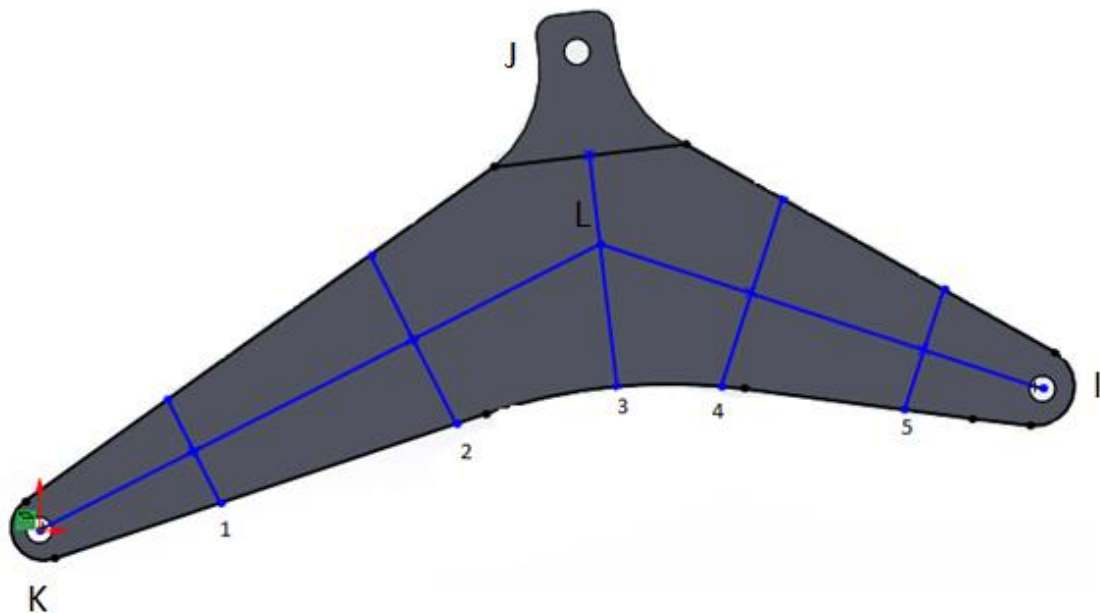
Una vez se tiene la tensión equivalente se puede relacionar con la tensión de fluencia del material de la siguiente manera:

$$C_s = \frac{\sigma_f}{\sigma_{eqv}}$$

1.3 Calculo de la sección de la pluma

Para el cálculo de la sección en la pluma se hace de la siguiente manera, se calcula un espesor crítico en el punto 3 de la pluma para el máximo esfuerzo, una vez conocido el espesor se dimensionan las alturas en los siguientes puntos.

La altura es conocida en 3 solo, mientras que la base es constante en toda barra.



Calculo del espesor en la pluma

La sección de la pluma está sometida a los siguientes esfuerzos extraídos de la posición de trabajo N°4.

Esfuerzos:

$$M_z = 125170 \text{ N} \cdot \text{m} \quad N = 102850 \text{ N} \quad V = 72077 \text{ N}$$

El punto más desfavorable está situado en **y** máxima, que tiene un valor de 300 mm, donde se suman el esfuerzo debido al momento flector y el esfuerzo debido al esfuerzo axial.



Ahora se realiza el planteamiento de las ecuaciones para poder dimensionar el espesor de la barra.

Según la Teoría del cortante máximo se tienen dos ecuaciones:

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_S}$$
$$2 \cdot \tau_{max,adm} = \frac{N}{A} + \frac{M_Z}{I_Z} \cdot \frac{h}{2}$$

Ecuaciones de Inercia y Área:

$$I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot e) \cdot (h - 2 \cdot e)^3}{12} \quad mm^4$$

$$A = (b \cdot h) - ((b - 2 \cdot e) \cdot (h - 2 \cdot e)) \quad mm^2$$

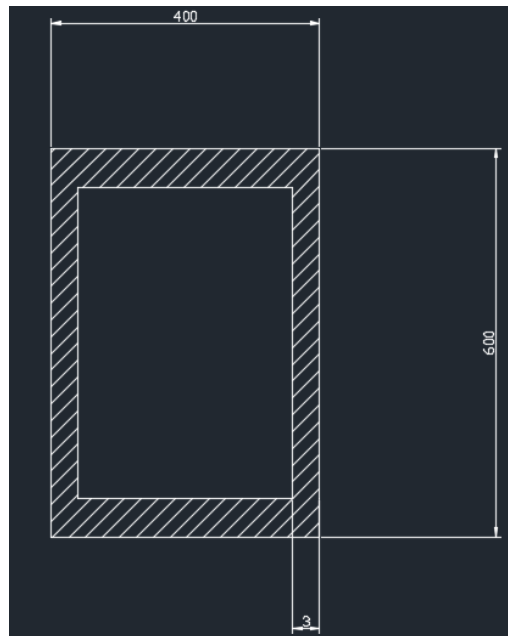
Donde los datos conocidos son los siguientes:

- $b = 400 \text{ mm}$
- $h = 600 \text{ mm}$
- $C_S = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ MPa}$
- $M_Z = 125170 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$
- $N = 102850 \text{ N}$

Donde la única variable sin conocer será el espesor, e .

Con ayuda del Microsoft Excel nos permite plantear el sistema de ecuaciones y realizar un solver, de tal manera que para los esfuerzos obtenidos y datos conocidos se resuelve el sistema.

Donde nos da un espesor de **2.697 mm** que se redondeara a **3 mm**.



Sección en el punto 3.

El espesor obtenido es a simple vista muy pequeño, posteriormente se simulara con estos datos para ver que no falla por abolladura de chapa o fallos similares.

Una vez obtenido el valor del espesor se calcula el valor de las alturas a lo largo de la pieza.

Dimensionamiento de alturas

Se utiliza la Teoría del cortante máximo, pero ahora la incógnita en vez de ser el espesor es la altura.

El espesor y la base se mantienen constante a lo largo de toda pluma.

Ecuaciones según la Teoría del cortante máximo:

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_S}$$
$$2 \cdot \tau_{max,adm} = \frac{N}{A} + \frac{M_Z}{I_Z} \cdot \frac{h}{2}$$



Ecuaciones de Inercia y Área:

$$I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot e) \cdot (h - 2 \cdot e)^3}{12} \quad mm^4$$

$$A = (b \cdot h) - ((b - 2 \cdot e) \cdot (h - 2 \cdot e)) \quad mm^2$$

Donde los datos conocidos son los siguientes:

- $b = 400 \text{ mm}$
- $e = 30 \text{ mm}$
- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ MPa}$

Esfuerzos:

- Punto 1, situado a 1/3 de la longitud desde K.

$$M_z = 41723.33 \text{ N} \cdot m \quad N = 102850 \text{ N} \quad V = 72077 \text{ N}$$

- Punto 2, situado a 2/3 de la longitud desde K.

$$M_z = 83446,66 \text{ N} \cdot m \quad N = 102850 \text{ N} \quad V = 72077 \text{ N}$$

- Punto 4, situado a 1/3 de la longitud desde J.

$$M_z = 33000 \text{ N} \cdot m \quad N = 523060 \text{ N} \quad V = 44669 \text{ N}$$

- Punto 5, situado a 2/3 de la longitud desde J.

$$M_z = 16500 \text{ N} \cdot m \quad N = 523060 \text{ N} \quad V = 72077 \text{ N}$$

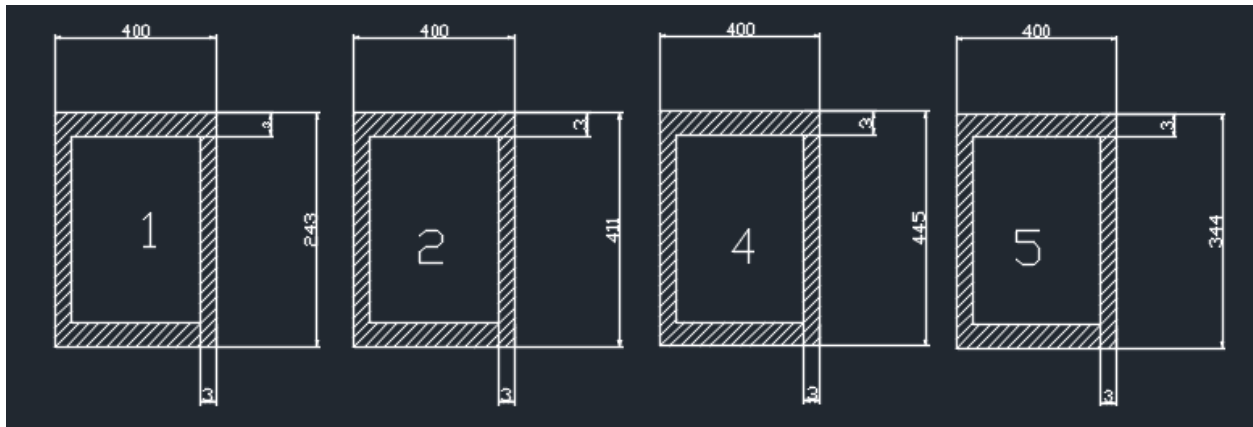
Valores de alturas para cada punto.

Punto	1	2	3	4	5
Altura	243	411	600	445	344

Valores de altura en milímetros.



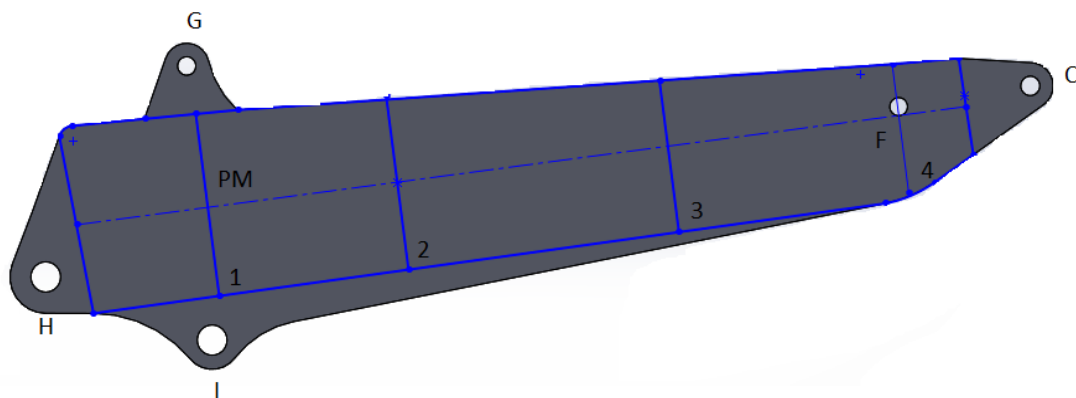
Los valores expresados en la anterior tabla serían las alturas necesarias que tendría que tener la pluma en determinados puntos para soportar los esfuerzos a los que está sometida.



1.4 Calculo de la sección del balancín.

El método de cálculo es análogo al de la pluma, en el balancín el punto más desfavorable es el PM, entonces determinaremos el espesor en la sección del punto 1.

En la sección 1 es conocido los valores de altura y base del perfil, así que la única incógnita será el espesor.





Calculo de espesor en el balancín.

Para el cálculo del espesor se utilizan los datos de esfuerzos extraídos de la posición de trabajo 6.3 combinada ya que es donde está más solicitada la pieza.

Se utiliza la Teoría del cortante máximo, por lo tanto tenemos mismas ecuaciones de tensiones y también mismas ecuaciones de área e inercia.

Ecuaciones según la Teoría del cortante máximo:

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_S}$$
$$2 \cdot \tau_{max,adm} = \frac{N}{A} + \frac{M_Z}{I_Z} \cdot \frac{h}{2}$$

Ecuaciones de Inercia y Área:

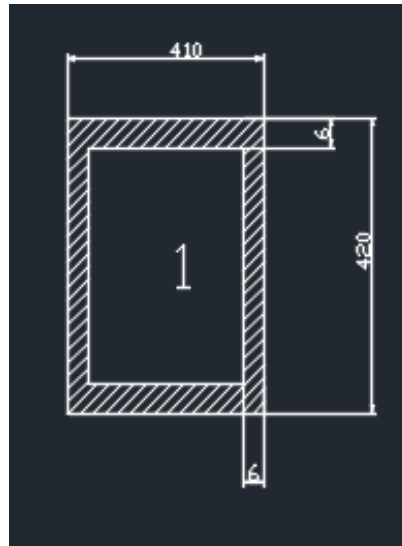
$$I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{(b - 2 \cdot e) \cdot (h - 2 \cdot e)^3}{12} \quad mm^4$$
$$A = (b \cdot h) - ((b - 2 \cdot e) \cdot (h - 2 \cdot e)) \quad mm^2$$

Donde los datos conocidos son los siguientes:

- $b = 410 \text{ mm}$
- $h = 420 \text{ mm}$
- $C_S = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ MPa}$
- $M_Z = 155210 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$
- $N = 153620 \text{ N}$

Una vez tenemos las ecuaciones y todas las variables se obtiene el espesor, que tiene un valor de 5,3 mm, por lo tanto se va redondear a 6 milímetros.

En la imagen siguiente se representa la sección necesaria en el punto PM.



Sección 1 en el punto PM

Una vez obtenido el valor del espesor se procede con el dimensionamiento de alturas a lo largo del balancín ya que solo son constantes los datos de base y espesor.

Dimensionamiento de alturas.

Se dimensiona de forma análoga las alturas, ahora con el valor constante de base y espesor se puede calcular el valor de altura necesario en cada punto determinado del balancín.

Utilizando las mismas ecuaciones anteriores.

Esfuerzos:

- Punto 2, situado a 1/3 de la longitud desde PM:

$$M_z = 74324,57 \text{ N} \cdot \text{m} \quad N = 176200 \text{ N} \quad V = 68341 \text{ N}$$

- Punto 3, situado a 2/3 de la longitud desde PM:

$$M_z = 37979,13 \text{ N} \cdot \text{m} \quad N = 176200 \text{ N} \quad V = 68341 \text{ N}$$

- Punto 4, situado en el punto F:

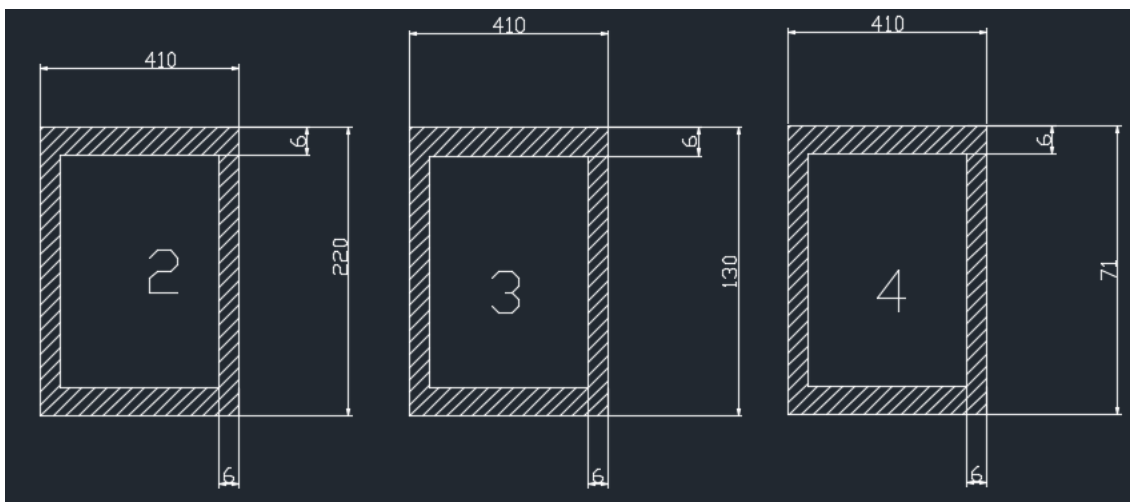
$$M_z = 17283 \text{ N} \cdot \text{m} \quad N = 201010 \text{ N} \quad V = 72077 \text{ N}$$

Valores de altura para cada punto

Punto	1	2	3	4
Altura	420	220	130	71

Valores de altura en milímetros.

Los valores adjuntados en la tabla serán las alturas necesarias para que el balancín soporte los esfuerzos a los que está sometido.



1.5 [Calculo de la sección de la barra F-E-D.](#)

En esta barra el cálculo es algo complejo debido a que la barra tiene esfuerzos flectores y axiales, primero se va calcular como es una barra donde se alojan 3 pasadores, se va calcular por aplastamiento el espesor necesario, la barra trabaja de F a E trabaja a tracción mientras que de E a D trabaja a compresión con esto se calcula el área alrededor de los pasadores y una base de pieza donde se tenga en cuenta el momento flector también, se elegirá el más crítico.

Calculo por aplastamiento

La primera dimensión a calcular será el espesor “e” que a la vez también es una base de la pieza si fuera más grande que el siguiente.

Solamente se calcula en el punto E ya que es el más crítico.



Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\varnothing = 41 \text{ mm}$

La fuerza seleccionada para el cálculo de la orejeta ha sido extraída del cilindro 1 ya que ancla en ese punto.

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{\text{aplastamiento}} = 196344,75 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \varnothing \cdot e \gggg e = \frac{A}{\varnothing}$$

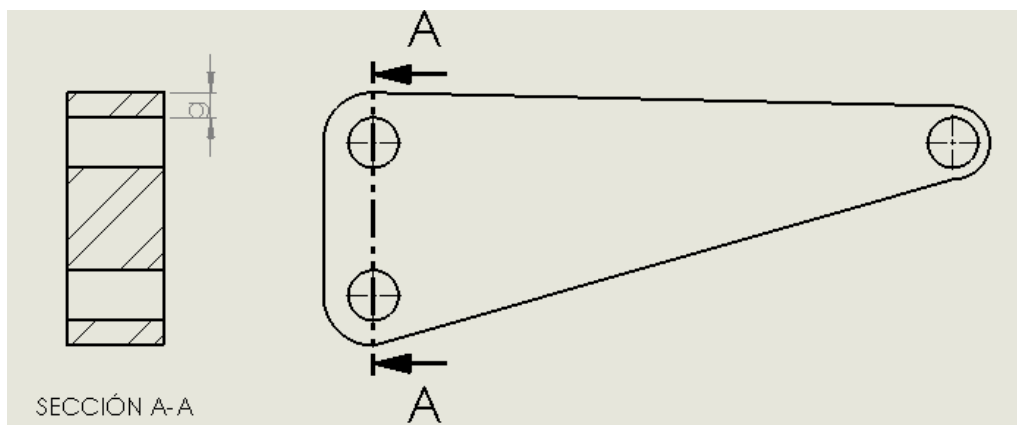
$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

$$\sigma = \frac{F_{\text{aplastamiento}}/2}{A}$$

Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **15,96 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **20 mm**.

$$e = 20 \text{ mm}$$

Calculo de la sección en los pasadores.





ANEXO IV

Se va calcular el valor de g en la pieza para que no rompa por esfuerzos de tracción/compresión será válido para los tres pasadores ya que se elige el esfuerzo mayor y así que sea constante en los tres pasadores.

Ecuaciones utilizadas:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_f}{C_S} \quad \sigma = \frac{N}{A}$$
$$A = 2 \cdot g \cdot e$$

Datos conocidos:

- $N = 98172,375 \text{ N}$
- $\varnothing = 41 \text{ mm}$
- $e = 20 \text{ mm}$
- $C_S = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$

Con ayuda del Programa EES se despeja el valor de g teniendo un resultado de 16,36 que se redondea a 20 mm.

Ahora se calcula la base según la teoría de cortante máximo, los esfuerzos elegidos han sido obtenidos de la posición de trabajo combinada 4.3.

$$\sigma = \frac{M_Z}{I_Z} \cdot \frac{h}{2} + \frac{N}{A} \quad \text{Mpa} \quad \sigma = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_S} \quad \text{Mpa} \quad I_Z = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad \text{mm}^4$$

Datos conocidos:

- $M_Z = 7639,5 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}$
- $N = 63765 \text{ N}$
- $C_S = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $h = 200 \text{ mm}$

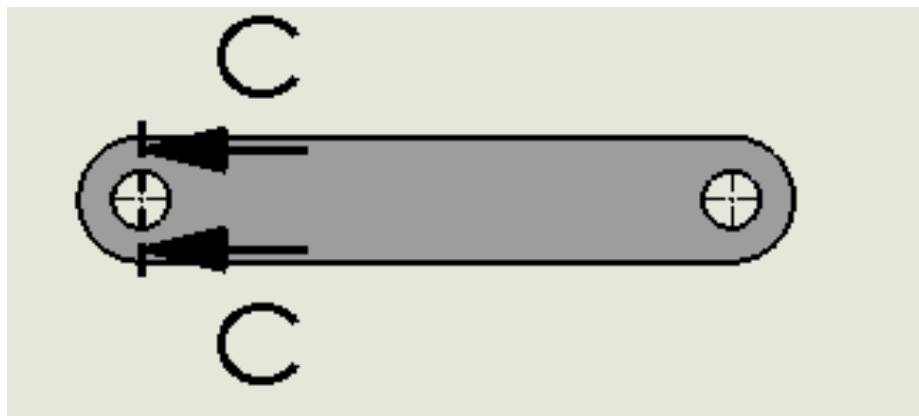
Se obtiene un valor de base de 78,5 mm por motivos de comodidad se redondea a 80 mm.

1.6 Calculo de la sección de la barra B-D

Ahora se tiene la barra B-D es una barra sometida a esfuerzos de compresión, la forma de calcular la sección es utilizando el método simple de una barra sometida a tracción, también se comprobara a pandeo. En toda barra solo tendremos esfuerzo N, ya que al ser una barra biarticulada no tiene momento flector a lo largo de la barra.



Se calcula la sección en el punto B de la pieza, es donde va estar la sección más solicitada debido al hueco del pasador.



Calculo de la sección C-C

En este caso tenemos la barra sometida a compresión, el valor es extraído de la posición de trabajo N°3.

Donde la barra está sometida a un esfuerzo de 179510 N y sin momento flector.



Ecuaciones utilizadas:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_f}{C_s} \quad \sigma = \frac{N}{A}$$

Ecuaciones de Área:

$$A = (h - \varnothing) \cdot b$$

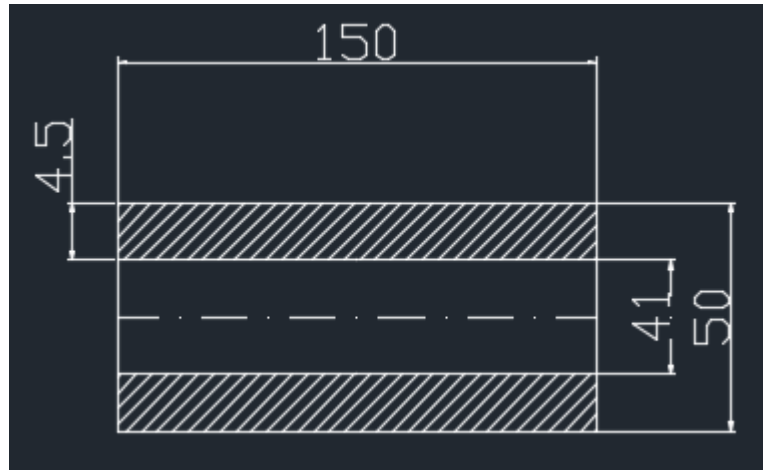
Datos conocidos:

- $N = 179510 \text{ N}$
- $\varnothing = 41 \text{ mm}$
- $b = 150 \text{ mm}$
- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$

Se sabe que $\sigma \leq \sigma_{adm}$, para poder obtener el valor de h y conocer el área de la zona rayada que está trabajando a compresión.

Resultado:

Se necesita un área de $1196,8 \text{ mm}^2$ para soportar el esfuerzo, sabiendo el área que se necesita se calcula h que tendrá un valor de $48,98 \text{ mm}$ se redondea al valor de 50 mm .



En la imagen anterior se muestra cómo quedaría la **sección C-C**

Comprobación de la barra BD sometida a pandeo.

El valor de la carga a pandeo es el mismo que para compresión, tiene un valor de 179510 N.

La carga crítica de pandeo para una viga biarticulada viene dada por la siguiente expresión:

$$P_{CR} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

La carga crítica de pandeo para una viga biempotrada viene dada por la siguiente expresión:

$$P_{CR} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Donde los datos son todos conocidos:

- $E = 210 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$
- $I_z = 1.562.500 \text{ mm}^4$
- $I_y = 14.062.500 \text{ mm}^4$
- $L = 425 \text{ m}$

Se obtiene carga crítica para pandeo en el eje Z y en el eje Y de la barra.



En el eje y la barra actúa como una barra biempotrada mientras que en el eje z la barra actúa como una barra biarticulada.

- $P_{CRy} = 645451637,3 \text{ N}$
- $P_{CRz} = 17.929.212,15 \text{ N}$

Se observa que $P_{CRy} \geq 179510 \text{ N}$, $P_{CRz} \geq 179510 \text{ N}$, por lo tanto la barra BD no fallara a pandeo.

2. Dimensionamiento de pasadores.

Se va determinar el diámetro de los pasadores en cada nudo, para que aguanten el esfuerzo a cortante.

Cada pasador se va diseñar para su fuerza máxima correspondiente.

El método de cálculo del diámetro del pasador se establece según el cálculo de doble cortadura.

Pasadores en puntos G y E

Los pasadores en este punto van determinados por la fuerza del cilindro, así que el cálculo será para ambos igual.

Se utiliza el cálculo de doble cortadura para determinar el diámetro del pasador, lo que por consiguiente tendremos las siguientes ecuaciones.

$$A_{pasador} = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \gg \gg \phi = \sqrt{\frac{A_{pasador} \cdot 4}{\pi}}$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s}$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{F_{pasador}}{2 \cdot A_{pasador}}$$



Datos:

- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $C_s = 3$
- $F_{Pasador} = 196344,75 \text{ N}$

Una vez se tiene los datos, solo quedara como incógnita el Área del pasador. Se calcula el Área y con ello se obtiene el diámetro.

Tras realizar el cálculo el diámetro obtenido es de 40.82 mm que se redondea a **41 mm**

$$\phi_{pas,G} = \phi_{pas,E} = 41 \text{ mm}$$

Pasadores en puntos H, J y M.

Los pasadores en estos puntos van determinados por la fuerza de los cilindros 2 y 3, se calcularan con la máxima fuerza que puedan hacer.

Se calculan de forma análoga a los pasadores G y E, es decir utilizando las mismas ecuaciones.

Datos:

- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $C_s = 3$
- $F_{Pasador} = 502642,56 \text{ N}$

Tras realizar el cálculo el diámetro obtenido para los tres pasadores es de 65,318 mm, se realiza un redondeo a 67 mm.

$$\phi_{pas,H} = \phi_{pas,J} = \phi_{pas,M} = 67 \text{ mm}$$

Pasadores en puntos B, C, D, F, I y K.

Para los siguientes pasadores se calculan de forma análoga a los anteriores, tras realizar los cálculos con sus determinadas fuerzas el resultado es el siguiente.

Los datos de σ_f y C_s se mantienen igual para todos los pasadores.

Resultado:

Pasador	B	C	D	F	I	K
Diámetro	39	42.13	39	31.74	66.75	66.81

Resultados en mm.



Tras realizar el cálculo redondeamos los valores para crear grupos de pasadores o valores exactos, con los que los valores finales serán los siguientes.

Pasador	B	C	D	F	I	K
Diámetro	41	43	40	40	67	67

Resultados en mm.

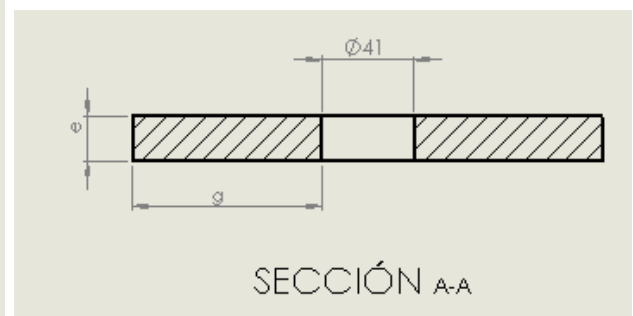
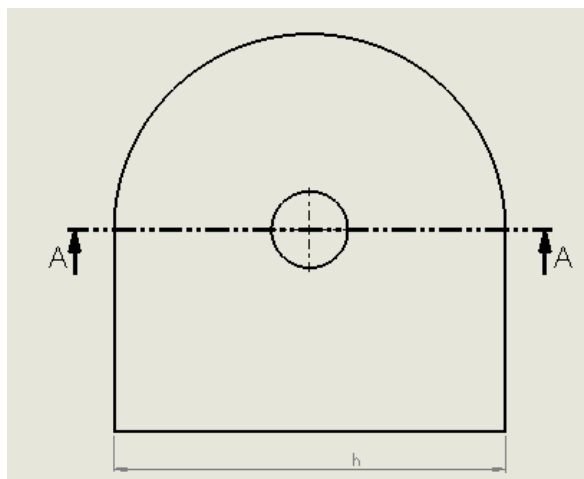
3. Dimensionamiento de orejetas

Una vez se obtiene los diámetros de los pasadores se sigue con determinar el alojamiento de cada pasador en sus apoyos o articulaciones. Se resolverá gracias a la ayuda del Microsoft Excel y el programa EES.

3.1 Orejeta en el nudo G.

Orejeta situada en el chasis del balancín se debe calcular las dimensiones siguientes en la orejeta.

Las dimensiones a calcular son el espesor de la orejeta, la altura de la base y la sección en el pasador.





Calculo por aplastamiento

La primera dimensión a calcular será el espesor “e” de la orejeta, el cálculo se realiza a través del cálculo de aplastamiento.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\varnothing = 41 \text{ mm}$

La fuerza seleccionada para el cálculo de la orejeta ha sido extraída de la posición de trabajo **Nº3**.

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{\text{aplastamiento}} = 196344,75 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \varnothing \cdot e \gggg e = \frac{A}{\varnothing}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{c_s}$$

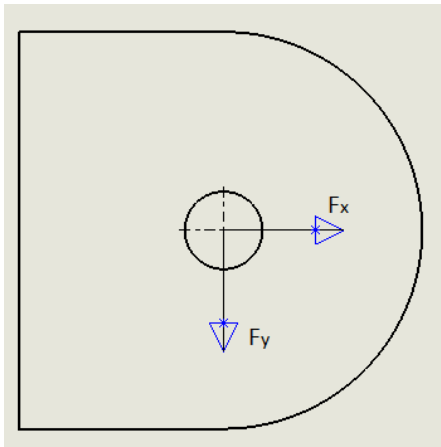
$$\sigma = \frac{F_{\text{aplastamiento}}/2}{A}$$

Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **15,96 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **20 mm**.

$$e = 20 \text{ mm}$$

Calculo para tracción/compresión y cortadura

Ahora se dimensionara el parámetro llamado “g”, donde se tiene tensiones de tracción/compresión y a la vez una tensión cortante.



La F_x genera una tensión de tracción mientras que F_y genera un esfuerzo a cortadura, se tendrá que realizar una tensión equivalente teniendo en cuenta los dos esfuerzos.

Según Teoría de distorsión de Von Mises.

Se plantea el sistema de ecuaciones:

$$A = 2 \cdot g \cdot e$$

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A}$$

$$\tau_{xy} = \frac{F_y}{A}$$

Una vez se tiene σ_x y τ_{xy} se plantea con ellas un σ_{eqv} .

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \quad \sigma_{eqv} = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

Datos conocidos:

- $F_x = 27190,16 \text{ N}$
- $F_y = 194452,96 \text{ N}$
- $C_s = 3$
- $e = 20 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$

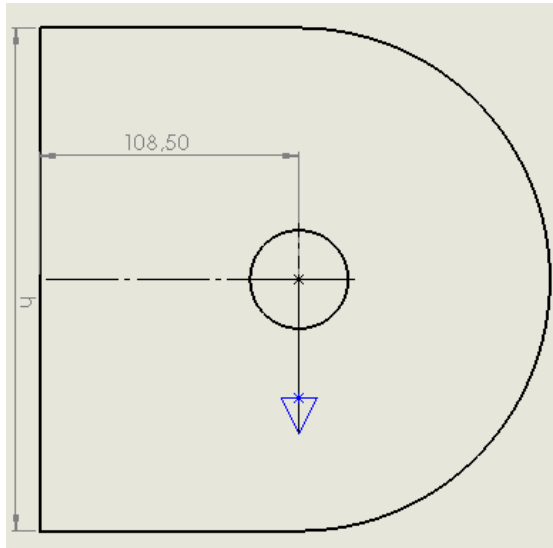
Debido a que son dos apoyos en las orejetas la fuerza utiliza será la mitad de cada una.

Resuelto con el programa EES se obtiene un valor de g de 28,15 mm se redondea al valor exacto de 30 mm.

Calculo a flexión.

Se dimensiona la base de la orejeta con un cálculo de flexión, la base de la orejeta vendrá determinada por los parámetros "e" y "h", el parámetro "e" ya está calculado anteriormente, así que solo faltara por calcular el parámetro "h".

Para esta orejeta se ha despreciado la σ_x , pero se ha realizado cuando el eje del cilindro concuerda con el eje y de la orejeta, lo que implica que toda la fuerza está en el eje "Y" generando esfuerzo de flexión.



En este caso F_y genera un esfuerzo de flexión, la orejeta al ser simétrica el punto de máxima flexión será en $\frac{h}{2}$.

Se utiliza la teoría del cortante máximo, para resolver el cálculo por flexión.

Sistema de ecuaciones:

$$M_z = F_y \cdot Y \quad (N \cdot mm)$$

$$\sigma = \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2} \quad Mpa$$

$$I_z = \frac{e \cdot h^3}{12} \quad mm^4$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s} \quad Mpa$$

Datos conocidos:

- $e = 20 \text{ mm}$
- $F_y = 196344,75 \text{ N}$
- $Y = 108,5 \text{ mm}$



- $C_S = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$

Debido a que tenemos dos apoyos la fuerza será la mitad para el cálculo.

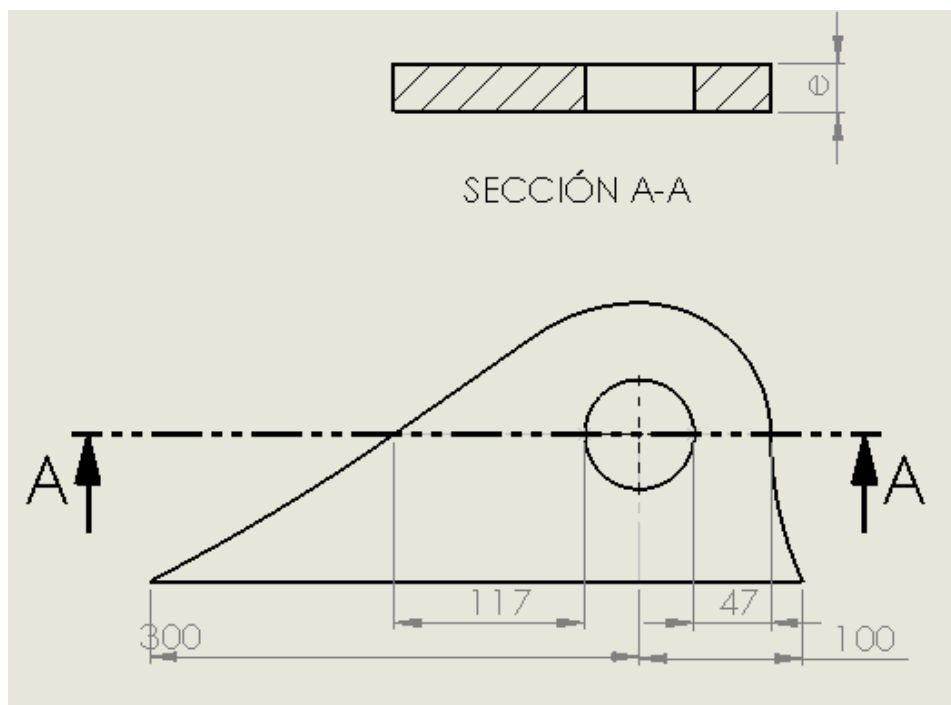
Con ayuda del programa EES, se resuelve el sistema obteniendo un h de valor **207,83 mm**, se redondea el valor a 210 mm.

$$h = 210 \text{ mm}$$

3.2 Calculo de la orejeta en el punto H

Orejeta situada en la parte superior del balancín, en esta orejeta en vez de determinar todos los parámetros solamente se calcula el espesor por aplastamiento.

Debido a que en la orejeta las dimensiones las proporciona la geometría de la maquina lo que se hace es comprobar que la orejeta con esa geometría cumple el factor de seguridad de 3.





Calculo por aplastamiento.

En este apartado se obtendrá el valor de “e” de la orejeta por aplastamiento.

En esta orejeta ancla un cilindro así que se utilizaran las fuerzas.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\varnothing = 67 \text{ mm}$

La fuerza es extraída de la máxima fuerza que puede realizar el cilindro 2, tiene un valor de $F_{\text{aplastamiento}} = 502642,56 \text{ N}$. **Para el cálculo se usa la mitad de la fuerza ya que tiene dos apoyos.**

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \varnothing \cdot e \gggg e = \frac{A}{\varnothing}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

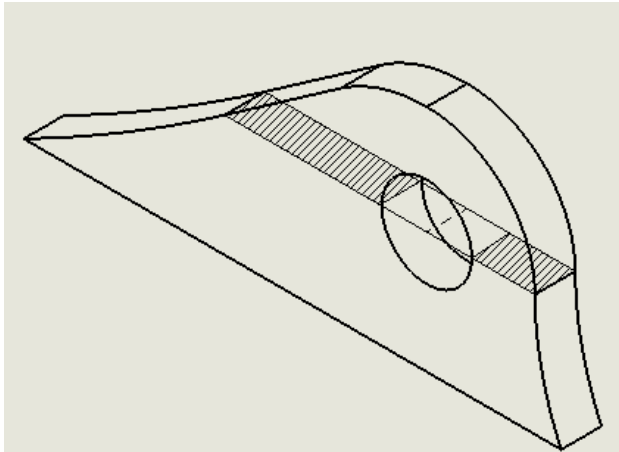
$$\sigma = \frac{F_{\text{aplastamiento}}}{A}$$

Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **25 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **30 mm**.

$$e = 30 \text{ mm}$$

Comprobación del Cs a tracción/compresión y tensión cortante.

Se comprueba que el coeficiente de seguridad de la pieza en la sección sometida a cortante y tracción es superior a 3.



Como en esta orejeta la geometría nos la da el diseño, se va comprobar que la zona rayada de la pieza es la zona de trabajo cumple el coeficiente de seguridad.

Se utiliza la Teoría de la distorsión de Von Mises para la comprobación.

Se plantea el sistema de ecuaciones:

$$A = (g + x) \cdot e$$

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A}$$

$$\tau_{xy} = \frac{F_y}{A}$$

Una vez se tiene σ_x y τ_{xy} se plantea con ellas un σ_{eqv} .

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \quad \sigma_{eqv} = \frac{\sigma_f}{C_s} \gg \gg C_s = \frac{\sigma_f}{\sigma}$$

Datos conocidos:

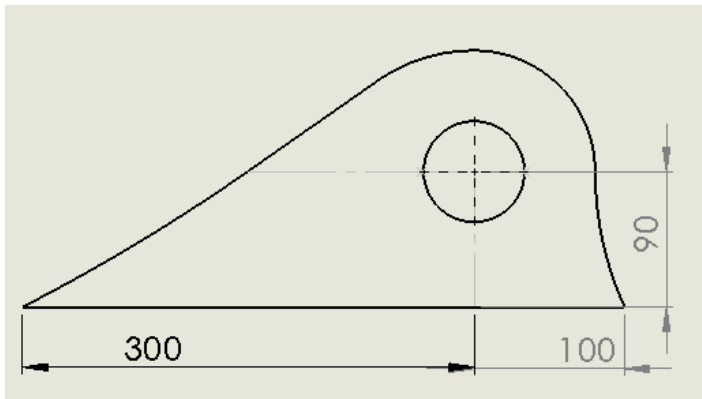
- $F_x = 168882,657 \text{ N}$
- $F_y = 186121,02 \text{ N}$
- $C_s = 3$
- $e = 30 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $g = 117 \text{ mm}$
- $x = 47 \text{ mm}$

Con ayuda del programa EES nos calculamos el coeficiente de seguridad para su comprobación, se obtiene un $C_s = 6.38 > 3$ la geometría de la pieza nos cumple.

Comprobación de coeficiente de seguridad a flexión.

Se comprueba que la base de la orejeta que está situada en el chasis del balancín tiene un coeficiente de seguridad igual o mayor a 3.

Para la comprobación se utiliza la teoría de cortante máximo.



Sistema de ecuaciones:

$$M_z = F_x \cdot Y \quad (N \cdot mm)$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{M_z}{I_z} \cdot 300 + \frac{F_y}{A} \quad Mpa$$

$$I_z = \frac{e \cdot h^3}{12} \quad mm^4 \quad A = e \cdot h \quad mm^2$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s} \quad Mpa$$

Datos conocidos:

- $e = 30 \text{ mm}$
- $F_x = 168882,657 \text{ N}$
- $Y = 90 \text{ mm}$
- $h = 400$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $F_y = 186121,02 \text{ N}$



En este caso la fuerza no se divide entre dos ya que se ha dividido previamente, tras realizar el cálculo se obtiene $C_s = 5.11 > 3$, la base de la orejeta aguanta a flexión.

3.3 Calculo de orejeta en el punto C.

Orejeta situada en el chasis del balancín se va calcular de forma análoga a la orejeta en G, las siguientes dimensiones espesor por aplastamiento, área debido a tracción y cortadura y la base sometida a flexión.

Calculo del espesor por aplastamiento.

La primera dimensión a calcular será el espesor “e” de la orejeta, el cálculo se realiza a través del cálculo de aplastamiento.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\emptyset = 43 \text{ mm}$

La fuerza seleccionada para el cálculo de la orejeta ha sido extraída de la posición de trabajo **Nº4**.

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{\text{aplastamiento}} = 209096,372 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \emptyset \cdot e \gggg e = \frac{A}{\emptyset}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

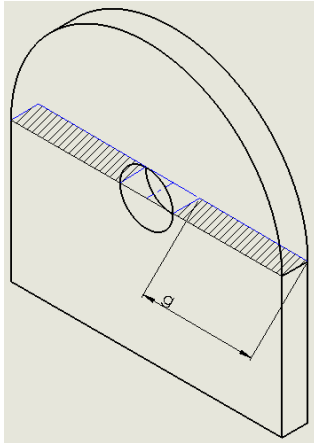
$$\sigma = \frac{F_{\text{aplastamiento}}/2}{A}$$

Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **16,20 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **20 mm**.

$$e = 20 \text{ mm}$$

Calculo para tracción/compresión y cortadura

Ahora se dimensionara el área rayada, donde se tiene tensiones de tracción/compresión y a la vez una tensión cortante.



Para este cálculo se utiliza la Teoría de la distorsión de Von Mises.

Se plantea el sistema de ecuaciones:

$$A = 2 \cdot g \cdot e$$

$$\sigma = \frac{F_y}{A}$$

$$\tau = \frac{F_x}{A}$$

Una vez se tiene σ y τ se plantea con ellas un σ_{eqv} .

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{eqv} = \frac{\sigma_f}{c_s}$$

Datos conocidos:

- $F_x = 57629,81N$
- $F_y = 200997,75 N$
- $C_s = 3$
- $e = 20 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$

Debido a que son dos apoyos en las orejetas la fuerza utiliza será la mitad de cada una.



Resuelto con el programa EES se obtiene un valor de g de 18,7 mm se redondea al valor exacto de 20 mm.

Calculo de h por flexión

Se calcula la base de la orejeta por flexión.

Sistema de ecuaciones:

$$M_z = F_x \cdot Y \quad (N \cdot mm)$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2} + \frac{F_y}{A} \quad Mpa$$

$$I_z = \frac{e \cdot h^3}{12} \quad mm^4 \quad A = e \cdot h \quad mm^2$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_S} \quad Mpa$$

Datos conocidos:

- $e = 20 \text{ mm}$
- $F_x = 28814,9 \text{ N}$
- $F_y = 100498,87 \text{ N}$
- $Y = 150 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $C_S = 3$

Una vez realizado el cálculo mediante el programa EES obtenemos:

$$h = 170 \text{ mm}$$



3.4 Orejeta en el punto K

Orejeta situada en el chasis de la pluma se va calcular de forma análoga a la orejeta en C, las siguientes dimensiones espesor por aplastamiento, área debido a tracción y cortadura y la base sometida a flexión.

Calculo del espesor por aplastamiento.

La primera dimensión a calcular será el espesor “e” de la orejeta, el cálculo se realiza a través del cálculo de aplastamiento.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\varnothing = 67 \text{ mm}$

La fuerza seleccionada para el cálculo de la orejeta ha sido extraída de la posición de trabajo **Nº11**.

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{\text{aplastamiento}} = 525981,957 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \varnothing \cdot e \gggg e = \frac{A}{\varnothing}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

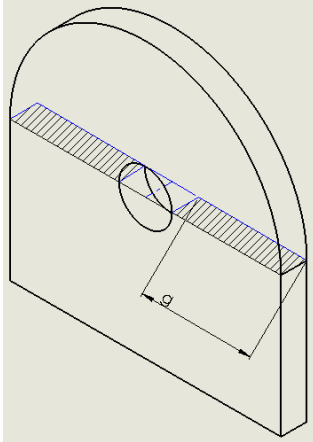
$$\sigma = \frac{F_{\text{aplastamiento}}/2}{A}$$

Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **26,16 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **30 mm**.

$$e = 30 \text{ mm}$$

Calculo para tracción/compresión y cortadura

Ahora se dimensionara el área rayada, donde se tiene tensiones de tracción/compresión y a la vez una tensión cortante.



Se plantea el sistema de ecuaciones:

$$A = 2 \cdot g \cdot e$$

$$\sigma = \frac{F_y}{A}$$

$$\tau = \frac{F_x}{A}$$

Una vez se tiene σ y τ se plantea con ellas un σ_{eqv} .

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{eqv} = \frac{\sigma_f}{C_S}$$

Datos conocidos:

- $F_x = 457,14 \text{ N}$
- $F_y = 525981,7586 \text{ N}$
- $C_S = 3$
- $e = 30 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$

Debido a que son dos apoyos en las orejetas la fuerza utiliza será la mitad de cada una.

Resuelto con el programa EES se obtiene un valor de g de 29,22 mm se redondea al valor exacto de 30 mm.



Calculo de h por flexión

Se calcula la base de la orejeta por flexión. Para el cálculo por flexión se utiliza la fuerza extraída de la posición N°10 ya que es la que trabajo a flexión le hace a la orejeta.

Sistema de ecuaciones:

$$M_z = F_x \cdot Y \quad (N \cdot mm)$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2} + \frac{F_y}{A} \quad Mpa$$

$$I_z = \frac{e \cdot h^3}{12} \quad mm^4 \quad A = e \cdot h \quad mm^2$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s} \quad Mpa$$

Datos conocidos:

- $e = 30 \text{ mm}$
- $F_x = 5064,65 \text{ N}$
- $F_y = 245544,96 \text{ N}$
- $Y = 190 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $C_s = 3$

Una vez realizado el cálculo mediante el programa EES obtenemos:

$$h = 130 \text{ mm}$$



3.5 Calculo de orejeta situada en J

Orejeta situada en el chasis de la pluma se va calcular de forma análoga a la orejeta en C, las siguientes dimensiones espesor por aplastamiento, área debido a tracción y cortadura y la base sometida a flexión. En este punto se unen dos cilindros.

Calculo del espesor por aplastamiento.

La primera dimensión a calcular será el espesor “e” de la orejeta, el cálculo se realiza a través del cálculo de aplastamiento.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\varnothing = 67 \text{ mm}$

La fuerza seleccionada para el cálculo de la orejeta ha sido extraída de la posición de trabajo **Nº11**.

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{\text{aplastamiento}} = 502642,56 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \varnothing \cdot e \gggg e = \frac{A}{\varnothing}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{c_s}$$

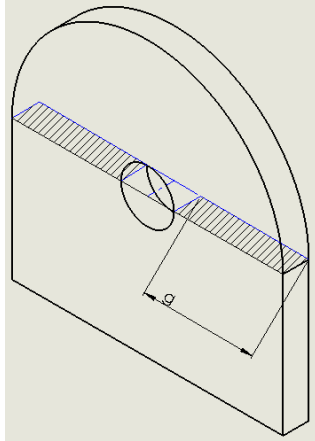
$$\sigma = \frac{F_{\text{aplastamiento}}/2}{A}$$

Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **25 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **30 mm**.

$$e = 30 \text{ mm}$$

Calculo para tracción/compresión y cortadura

Ahora se dimensionara el área rayada, donde se tiene tensiones de tracción/compresión y a la vez una tensión cortante.



Se plantea el sistema de ecuaciones:

$$A = 2 \cdot g \cdot e$$

$$\sigma = \frac{F_y}{A}$$

$$\tau = \frac{F_x}{A}$$

Una vez se tiene σ y τ se plantea con ellas un σ_{eqv} .

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{eqv} = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

Datos conocidos:

- $F_x = 120315,4 \text{ N}$
- $F_y = 384397,1 \text{ N}$
- $C_s = 3$
- $e = 30 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$

Debido a que son dos apoyos en las orejetas la fuerza utiliza será la mitad de cada una.

Resuelto con el programa EES se obtiene un valor de g de 24,3 mm se redondea al valor exacto de 25 mm.



Calculo de h por flexión

Se calcula la base de la orejeta por flexión. Para el cálculo por flexión se utiliza la fuerza extraída de la posición Nº11 ya que es la que trabajo a flexión le hace a la orejeta.

Sistema de ecuaciones:

$$M_z = F_x \cdot Y \quad (N \cdot mm)$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2} + \frac{F_y}{A} \quad Mpa$$

$$I_z = \frac{e \cdot h^3}{12} \quad mm^4 \quad A = e \cdot h \quad mm^2$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_s} \quad Mpa$$

Datos conocidos:

- $e = 30 \text{ mm}$
- $F_x = 249832,28 \text{ N}$
- $F_y = 27316,96 \text{ N}$
- $Y = 270 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $C_s = 3$

Una vez realizado el cálculo mediante el programa EES obtenemos una h de 430,3 mm y se redondea a 450 mm.

$$h = 450 \text{ mm}$$



3.6 Calculo de orejeta situada en I

3.6.1 Orejeta en la pluma.

Orejeta situada en el chasis de la pluma y del balancín se va calcular de forma análoga a las orejetas anteriores, las siguientes dimensiones espesor por aplastamiento, área debido a tracción y cortadura y la base sometida a flexión. Es el punto donde balancín y pluma se unen.

Calculo del espesor por aplastamiento.

La primera dimensión a calcular será el espesor “e” de la orejeta, el cálculo se realiza a través del cálculo de aplastamiento.

Datos:

- $C_S = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\varnothing = 67 \text{ mm}$

La fuerza seleccionada para el cálculo de la orejeta ha sido extraída de la posición de trabajo **Nº11**.

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{\text{aplastamiento}} = 524962,42 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \varnothing \cdot e \gggg e = \frac{A}{\varnothing}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_S}$$

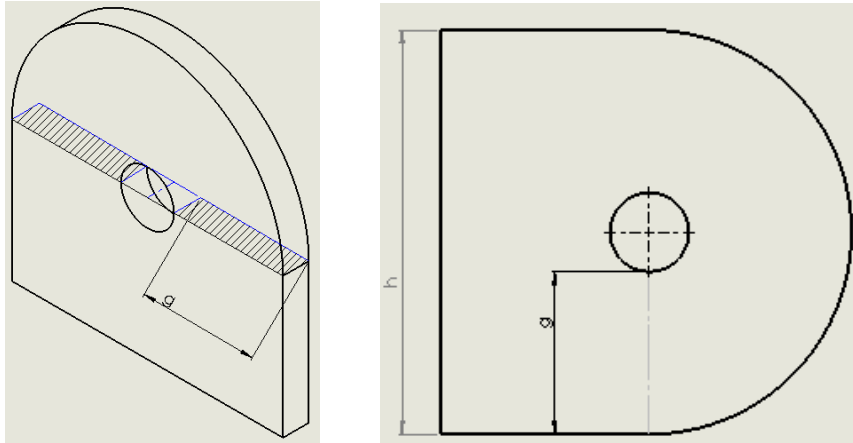
$$\sigma = \frac{F_{\text{aplastamiento}}/2}{A}$$

Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **26,11 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **30 mm**.

$$e = 30 \text{ mm}$$

Calculo para tracción/compresión y cortadura

Ahora se dimensiona el área rayada, donde se tiene tensiones de tracción/compresión y a la vez una tensión cortante. Fuerza extraída de la posición de trabajo 6.2 Combinada.



Se plantea el sistema de ecuaciones:

$$A = 2 \cdot g \cdot e$$

$$\sigma = \frac{F_x}{A}$$

$$\tau = \frac{F_y}{A}$$

Una vez se tiene σ y τ se plantea con ellas un σ_{eqv} .

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{eqv} = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

Datos conocidos:

- $F_x = 407217 \text{ N}$
- $F_y = 264715 \text{ N}$
- $C_s = 3$
- $e = 30 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$

Debido a que son dos apoyos en las orejetas la fuerza utiliza será la mitad de cada una.

Resuelto con el programa EES se obtiene un valor de g de 34,07 mm se redondea al valor exacto de 35 mm.



Calculo de h por flexión

Se calcula la base de la orejeta por flexión. Para el cálculo por flexión se utiliza la fuerza extraída de la posición de trabajo 6.2 combinada ya que es la que trabajo a flexión le hace a la orejeta.

Sistema de ecuaciones:

$$M_z = F_y \cdot Y \quad (N \cdot mm)$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2} + \frac{F_x}{A} \quad Mpa$$

$$I_z = \frac{e \cdot h^3}{12} \quad mm^4 \quad A = e \cdot h \quad mm^2$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_f}{2 \cdot C_S} \quad Mpa$$

Datos conocidos:

- $e = 30 \text{ mm}$
- $F_x = 101804,25 \text{ N}$
- $F_y = 132357,5 \text{ N}$
- $Y = 150 \text{ mm}$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $C_S = 3$

Una vez realizado el cálculo mediante el programa EES obtenemos una h de 280 mm y se redondea a 300 mm.

$$h = 300 \text{ mm}$$

Por motivos de geometría para la pluma entera se eleva el espesor de la orejeta a 50 mm para poder reducir la altura de la orejeta en la pieza, se obtiene con el nuevo espesor una **$h = 260 \text{ mm}$** .



3.6.2 Orejeta en el balancín

En el cálculo de la orejeta situada en el punto I en el balancín se mantienen los mismos esfuerzos y por ello obtenemos el mismo espesor y misma área trabajando a cortante.

Para el cálculo de la altura de la base a flexión sí que cambia debido a que el brazo de la fuerza para ejercer el momento (Y) cambia de valor.

- $e = 30 \text{ mm}$
- $g = 35 \text{ mm}$
- $h = 230 \text{ mm}$
- $Y = 81.5 \text{ mm}$

3.7 Cálculo del alojamiento del pasador en el punto F

Se va calcular el espesor en el punto F, donde se aloja un pasador con una determinada fuerza.

Se calculara por aplastamiento para que las paredes no fallen por aplastamiento, el pasador está situado en el chasis del balancín.

Datos:

- $C_s = 3$
- $\sigma_f = 450 \text{ Mpa}$
- $\varnothing = 40 \text{ mm}$

En esta posición se obtiene una fuerza de valor $F_{\text{aplastamiento}} = 118690,35 \text{ N}$.

Ecuaciones utilizadas para el cálculo por aplastamiento:

$$A = \varnothing \cdot e \gggg e = \frac{A}{\varnothing}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_f}{C_s}$$

$$\sigma = \frac{F_{\text{aplastamiento}}/2}{A}$$

Con ayuda de Microsoft Excel y EES se calcula el valor del espesor es la única incógnita. Se obtiene un valor de **9,9 mm** y se redondea por motivos de comodidad a **10 mm**.

$$e = 10 \text{ mm}$$

