

Material suplementar

Tabla S 1. Características técnicas referenciales para hallar parámetros de diseño, EHA-6040

Características	Unidad	EHA-6040	EHA-7550	EHA-7575	EHA-7575-XL	EHA-9075-TH	EHA-10575-TH
Dimensiones máquina (ancho x alto x largo)	m	0,65 x 1,75 x 2,70	0,80 x 1,90 x 3,20	1,00 x 1,90 x 4,00	1,05 x 1,90 x 4,50	1,10 x 1,90 x 4,70	1,10 x 1,90 x 4,80
Dimensiones cámara de carga (ancho x alto x largo)	m	0,40 x 0,60 x 0,54	0,50 x 0,75 x 0,60	0,75 x 0,75 x 0,90	0,75 x 0,75 x 0,90	0,75 x 0,90 x 1,25	0,75 x 1,05 x 1,25
Tamaño del fardo (ancho x alto x largo)	m	0,40 x 0,60 x 0,60	0,50 x 0,75 x 0,75	0,75 x 0,75 x 0,90	0,75 x 0,75 x 1,20	0,75 x 0,90 x 1,20	0,75 x 1,05 x 1,20
Peso Fardo (Cartón, Papel)	Kg	40-60	80-120	180-220	270-310	320-360	370-410
Peso Fardo (Plásticos)	Kg	35-80	60-150	110-260	170-400	180-450	200-500
Fuerza Compactación	Kg	8.000	15.000	20.000	30.000	30.000	30.000
Potencia del motor	HP	5,5	7,5	15	20	30	30
Tiempo de compactación	seg	15	20	20	20	15	15
Peso de la máquina	Kg	1.150	2.100	2.950	3.650	4.300	4.900
Grado de compactación					* según material; hasta 30:1		
Características	Unidad	EHA-6040-ET	EHA-7550-ET	EHA-7575-ET	EHA-7575-XL-ET	EHA-9075-TH-ET	EHA-10575-TH-ET
Dimensiones Modelos -ET (Preparados para expulsión total de fardos)	m	0,65 x 1,75 x 3,50	0,80 x 1,90 x 4,45	1,00 x 1,90 x 5,30	1,05 x 1,90 x 6,00	1,10 x 1,90 x 6,20	1,10 x 1,90 x 6,30
Potencia del motor	HP	7,5	10	20	25	30	30

Tabla S 2. Características técnicas referenciales para hallar parámetros de diseño, HSM AK 807

Característica	Detalle/Valor
Aplicación	Apropiada para aplicaciones con un rendimiento de paso de hasta aprox. 36 m ³ / hora
Tipo de Prensa	La prensa más pequeña de carga continua en la gama HSM
Materiales que Comprime	Sobre todo cartones y papel ligero
Características Clave	Económica, fiable, especialmente apropiada para conectar a alimentación por aire
Fuerza de Prensado	82 kN
Rendimiento de Prensado	Hasta aprox. 0,7t/h
Densidad de Carga	Hasta aprox.20kg/m ³
Peso de Bala	Hasta aprox. 60kg (según el material)
Duración del Ciclo	Aprox. 17,6 s/ciclo
Atadura	Triple manual con cinta de poliéster
Dimensiones de Bala	500 mm (ancho) x 500 (alto) x 400 – 800 mm (largo)



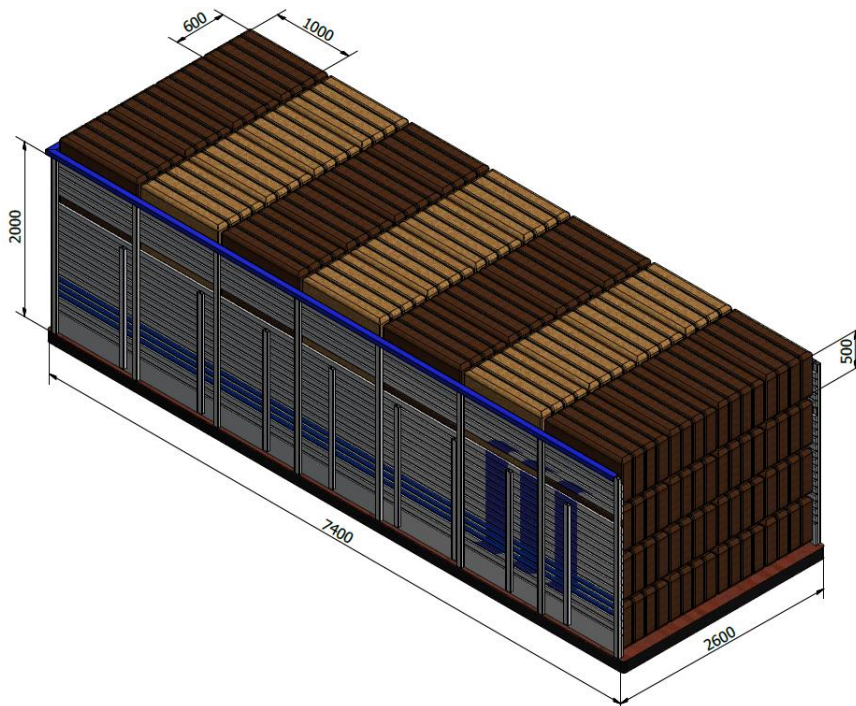
Figura S 1. Apilado de fardos producidos por la maquina vertical, empresa Cartonbol

Tabla S 3. Características del acero ASTM A36

Acero ASTM A36		
General	Densidad de masa	7,850 (g/cm ³)
	Límite de elasticidad	248,225 (MPa)
	Resistencia máxima a tracción	399,900 (MPa)
Tensión	Módulo de Young	199,959 (GPa)
	Coefficiente de Poisson	0,300 (su)

Tabla S 4. Factores de diseño para materiales dúctiles

N°	Factor de diseño	Detalle
1	1.25 a 2.0	Para estructuras bajo cargas estáticas, y que exista una alta confianza en los datos de diseño
2	2.0 a 2.5	Para elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, confianza promedio en todos los datos de diseño
3	2.5 a 4.0	Para diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, incertidumbre en las cargas, análisis de esfuerzos, o ambiente
4	4.0 o mas	Para diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, incertidumbre en algunas combinaciones de cargas, propiedades de material, análisis de esfuerzos, o ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores

**Figura S 2.** Acomodado de fardos en la carrosa, primera consideración

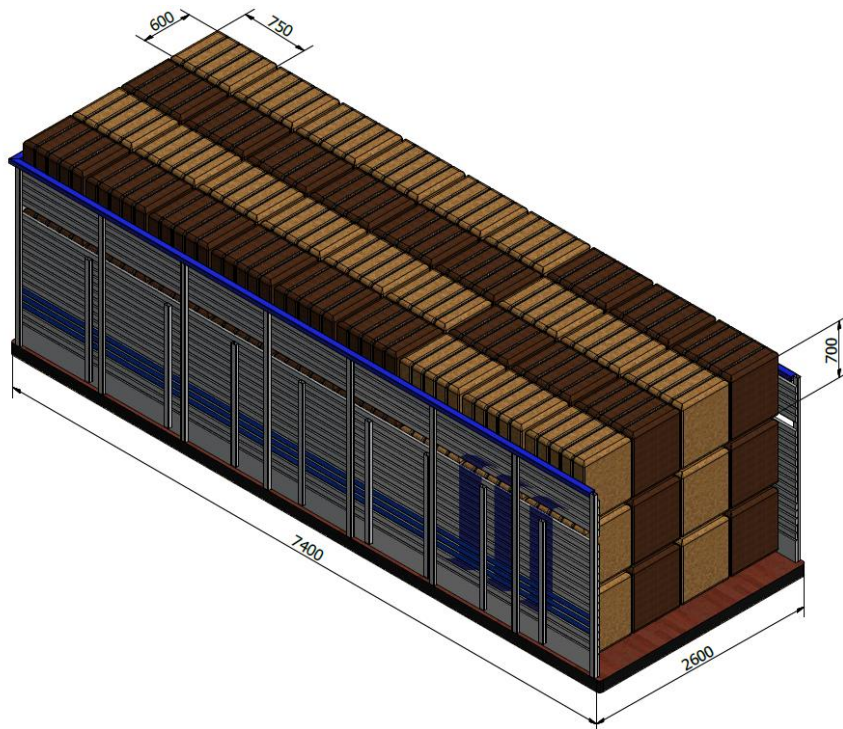


Figura S 3. Acomodado de fardos en la carrosa, segunda consideración

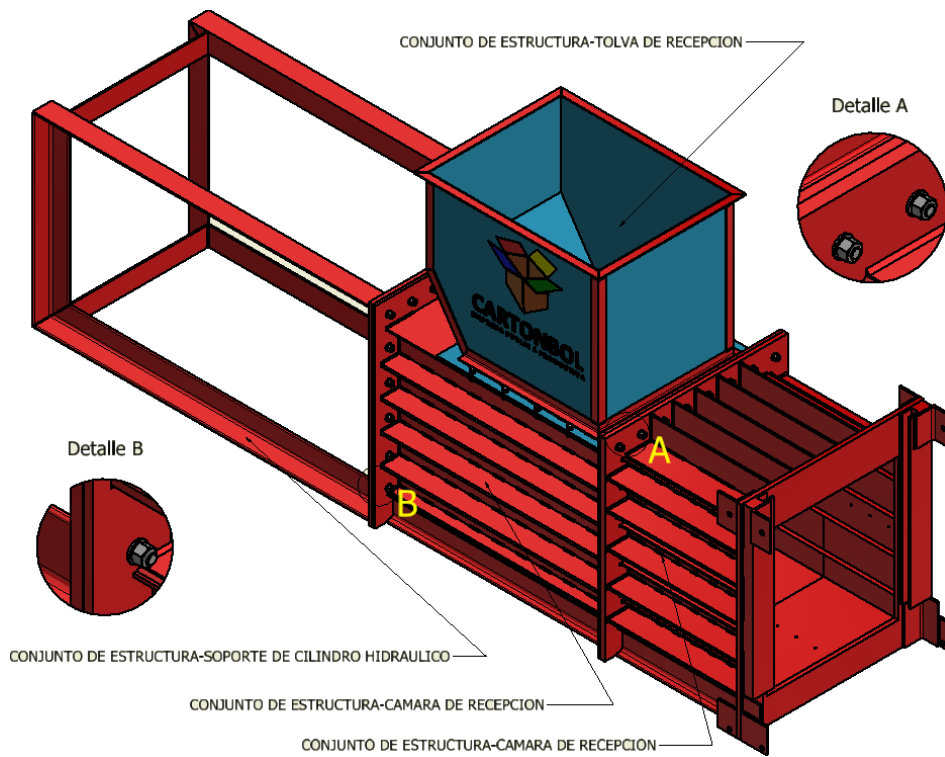


Figura S 4. Conjunto de elementos de ma maquina horizontal

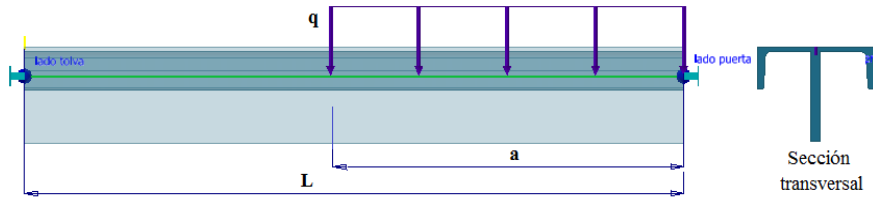


Figura S 5. Viga fijada en sus extremos, pared lateral

Tabla S 5. Resultado de pruebas de la viga empotrada

Nº de pruebas	R_A [N]	M_A [Nmm]	R_B [N]	M_B [Nmm]
1	665,842566	149387,755	34470,1574	1440097,96
2	2458,49563	525844,898	32677,5044	2318497,96
3	5070,64723	1021812,24	30065,3528	2742759,18
4	8194,98542	1529730,61	26941,0146	2820440,82
5	11523,8703	1941985,54	23611,1297	2659026,36
6	14750,9738	2151183,67	20385,0262	2366302,04

Tabla S 6. Resultados más precisos del punto crítico de la viga empotrada

Nº de pruebas	R_A [N]	M_A [Nmm]	R_B [N]	M_B [Nmm]
1	665,842566	149387,755	34470,1574	1440097,96
2	2458,49563	525844,898	32677,5044	2318497,96
3	5070,64723	1021812,24	30065,3528	2742759,18
4	5815,67728	1151864,76	29320,0727	2790450,04
5	6588,09375	1281018,23	28548,4063	2818240,1
6	7382,21674	1407422,62	27751,5333	2827449,03
7	8194,98542	1529730,61	26941,0146	2820440,82
8	11523,8703	1941985,54	23611,1297	2659026,36
9	14750,9738	2151183,67	20385,0262	2366302,04

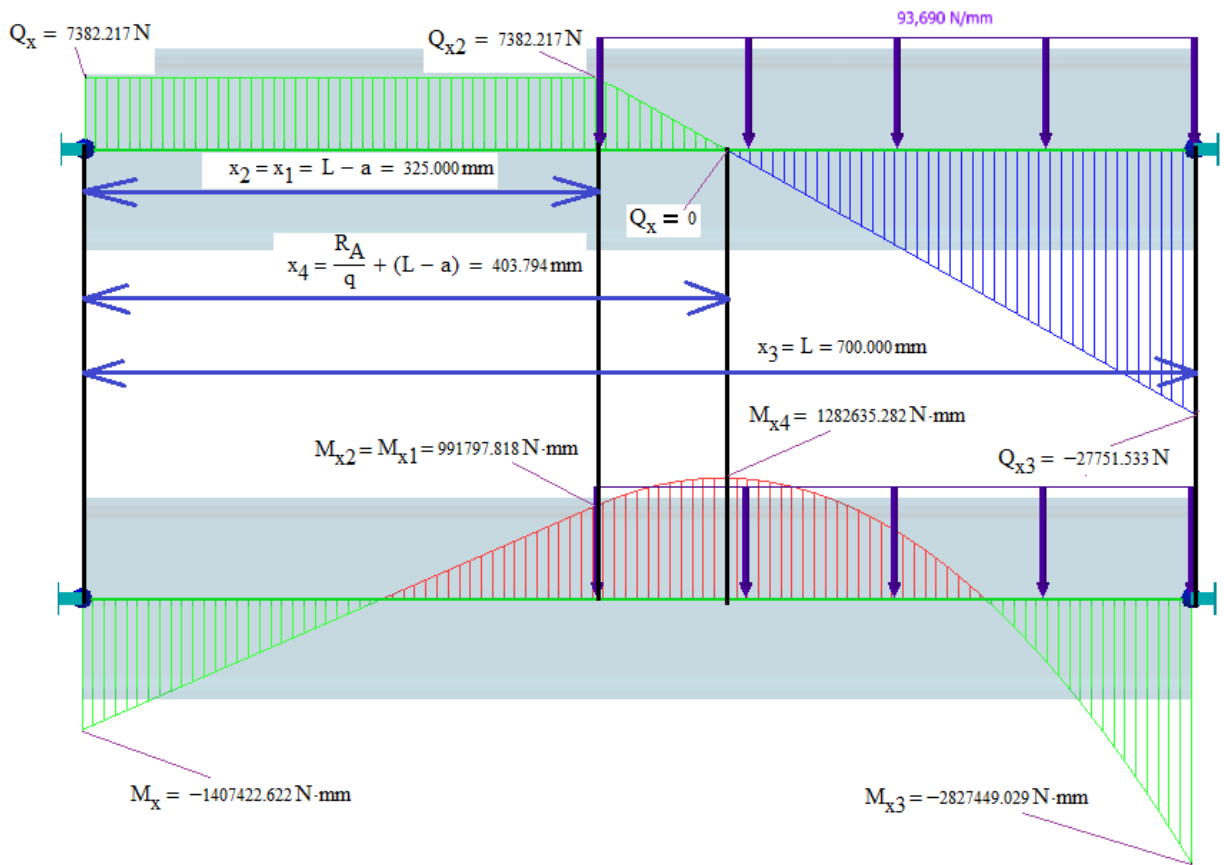


Figura S 6. Diagrama de fuerza cortante y momento flector de viga empotrada que representa la pared lateral

Tabla S 7. Dimensiones y propiedades de perfiles prueba 1

	Perfil 1				Perfil 2			
	Propiedades geométricas				Propiedades mecánicas			
	Área de sección mm ²	Centroide de sección mm		Momento de inercia mm ⁴		Módulo de sección mm ³		
		x-	y-	I _x	x-	y-		
Perfil 1	2425,953	63,500	20,392	843369,50	2425,953	63,500	20,392	
Perfil 2	3085,953	63,500	36,510	3956530,58	3085,953	63,500	36,510	

Tabla S 8. Dimensiones y propiedades de perfiles para su selección

Perfil 1		Perfil 2					
	Propiedades geometricas		Propiedades mecanicas				
	Área de sección mm ²	Centroide de sección mm		Momento de inercia mm ⁴		Módulo de sección mm ³	
		x-	y-	I _x	I _y	W _x	W _y
Perfil 1	2754,28	50,80	39,03	3685299,36	1932497,34	43808,22	38041,28
Perfil 2	3369,69	76,20	34,78	4136179,79	6354446,76	46899,79	83391,69

Tabla S 9. Resumen de cálculos de parámetros mecánicos

	Pared lateral	Pared superior	Puerta corrediza	Carril puerta	Mesa móvil	Soporte de actuador
σ_y [MPa]	250	250	250	250	250	250
F_d	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
M_{max} [Nmm]	2827449.0	14138150.5	15371912.5	3880256.4	15152477.6	14598285.5
σ_{max} [MPa]	60.28	71.93	84.16	86.25	82.41	68.42
W_{req} [mm ³]	28274.49	141381.51	153719.13	38802.56	151524.78	145982.86
W_{xy} [mm ³]	46899.79	196551.99	182641.81	44984.69	183849.01	213336.58
F_s	4.14	3.47	2.97	2.89	3.03	3.65

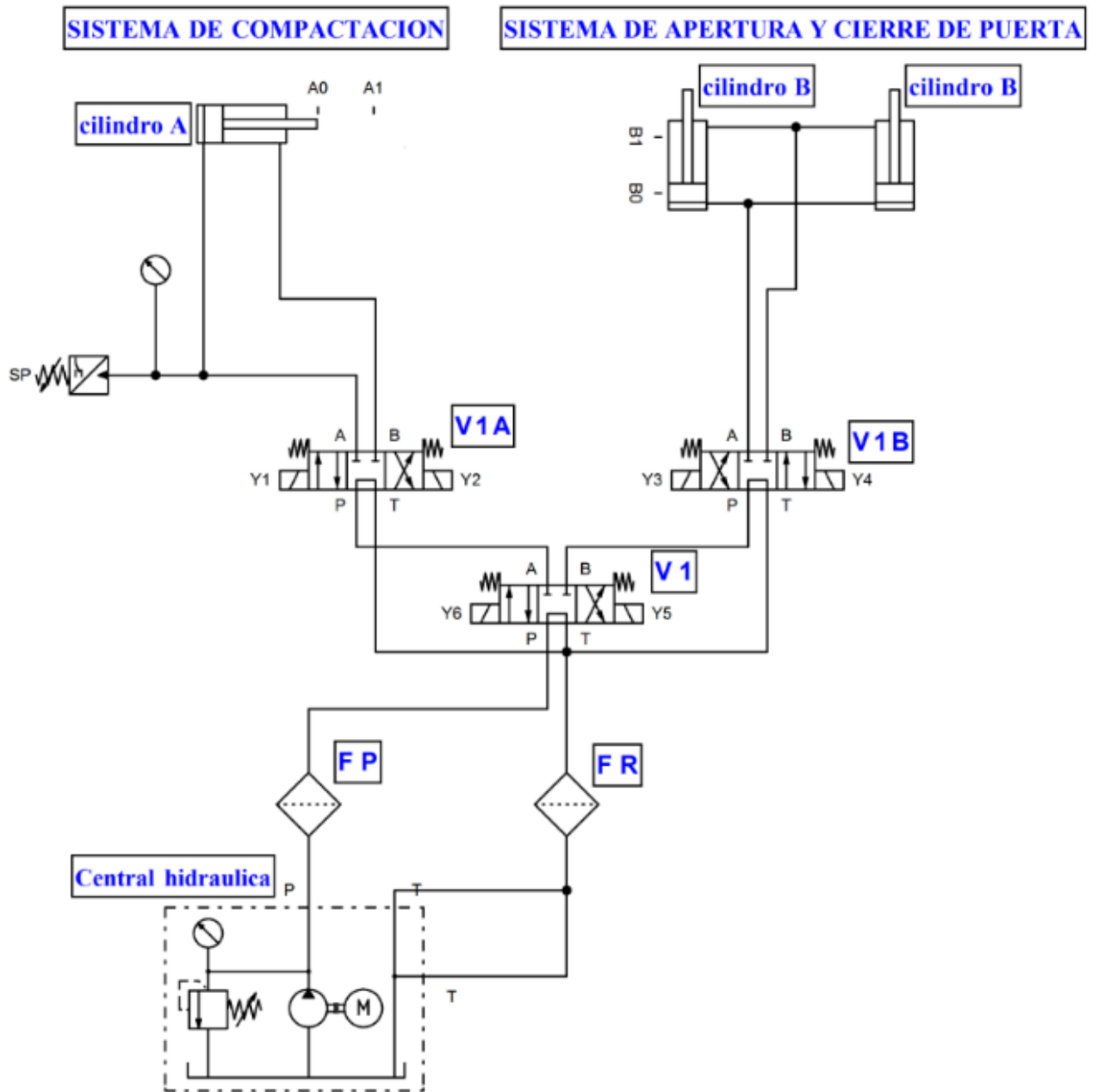


Figura S 7. Circuito electrohidráulico del sistema de compactación y apertura y cierre de la puerta

Tabla S 10. Factores de carga en función de la velocidad

Velocidad del pistón (mm/s)	Factor máximo de carga
8 a 100	70%
101 a 200	30%
201 a	10%

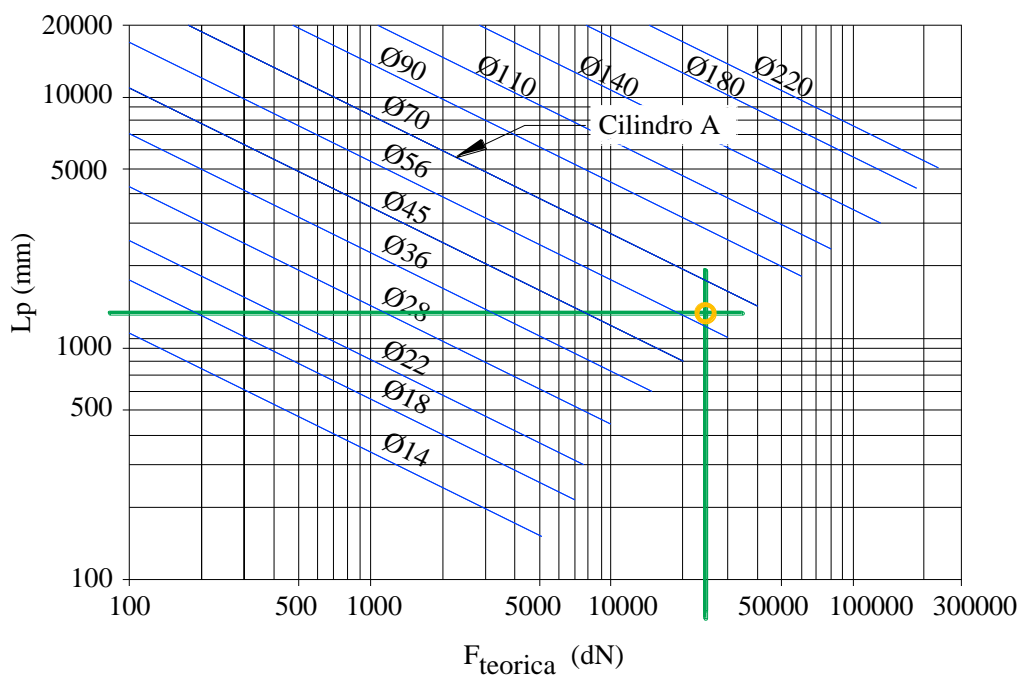


Figura S 8. Selección del cilindro A

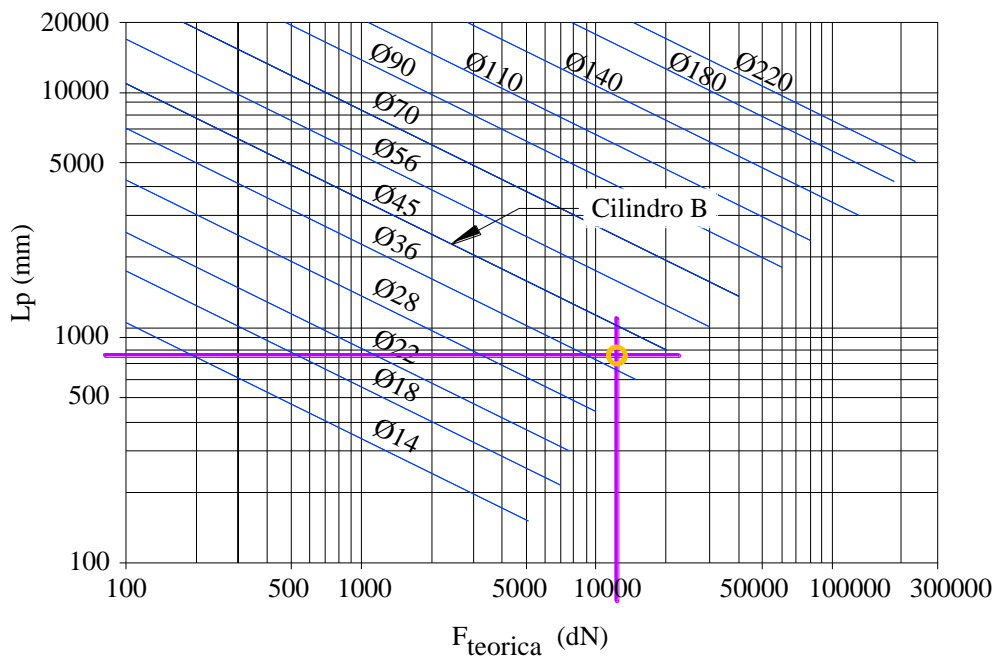


Figura S 9. Selección del cilindro B

Tabla S 11. Características técnicas del cilindro hidráulico A

Parámetro	Valor	Unidad	Notas
Presión Nominal	160	bar	---
Presión de Prueba Estática	240	bar	---
Diámetro del Pistón	125	mm	---
Área del Pistón	122,7	cm ²	---
Diámetro del Vástago	70	mm	---
Área del Vástago	38,5	cm ²	Área neta
Área Anular	84,2	cm ²	---
Conexiones (EE)	G "Standard	---	---
Longitud de Amortiguación (Tapa/Culata)	42 / 40	mm	Tapa/Head y Culata/Cap
Fuerza en Pistón (a 160 bar)	19.632	daN	Máxima fuerza de empuje
Fuerza en Vástago (a 160 bar)	13.472	daN	Máxima fuerza de tracción
Fuerza en Pistón (a 100 bar)	12.270	daN	---
Fuerza en Vástago (a 100 bar)	8.420	daN	---
Fuerza en Pistón (a 63 bar)	7.730	daN	---
Fuerza en Vástago (a 63 bar)	5.305	daN	---
Fuerza en Pistón (a 40 bar)	4.908	daN	---
Fuerza en Vástago (a 40 bar)	3.368	daN	---

Tabla S 12. Características técnicas del cilindro hidráulico B

Categoría	Parámetro	Valor
Presiones	Presión nominal	160 bar
	Presión prueba estática	240 bar
Dimensiones	Diámetro pistón	100 mm
	Área pistón	78,5 cm ²
	Diámetro vástago Ø56	56 mm
	Área vástago Ø56	24,6 cm ²
	Área anular Ø56	53,9 cm ²
	Diámetro vástago Ø70	70 mm
	Área vástago Ø70	38,5 cm ²
	Área anular Ø70	40 cm ²
Conexiones	Tipo	G 1" Standard
Fuerzas Pistón (daN)	A 40 bar	3.140
	A 63 bar	4.945
	A 100 bar	7.850
	A 160 bar	12.560
Fuerzas Vástago Ø56 (daN)	A 40 bar	2.156
	A 63 bar	3.394
	A 100 bar	5.390
	A 160 bar	8.624
Fuerzas Vástago Ø70 (daN)	A 40 bar	1.600
	A 63 bar	2.520
	A 100 bar	4.000
	A 160 bar	6.400
Amortiguación	Tapa / Head	36 mm
	Culata / Cap	34 mm

Tabla S 13. Características técnicas de las motos Siemens.com-Simotics

Potencia (kW)	Potencia (HP)	Referencia del Motor	Tamaño constructivo	Rated Speed (rpm)	Eficiencia 100% (%)	Factor de potencia	Corriente nominal 220V A	Corriente nominal 380V A	Corriente nominal 440V A	Torque nominal (Nm)	Corriente de arranque x In	Torque de arranque x Tn	Torque Máximo x Tn	Peso IM B3 (kg)
7,5	10	1LE0141-1CB26-4AA4	132M	1760	89,5	0,82	26,5	15,4	13,3	40,7	8,5	2,5	3,5	70
11	15	1LE0141-1CB86-4AA4	132M	1760	91,0	0,82	39,5	23	19,7	59,7	8,5	2,5	3,5	85
15	20	1LE0141-1DB46-4AA4	160L	1760	91,0	0,84	51	29,5	25,5	81,4	8	2,2	3,5	110

Tabla S 14. Catálogo de conductores XLPE

Cable CAI-S (mm2)	Sección Transversal (mm2)	Diámetro Aislado (mm)	Conductor Adicional (Alumbrado) (mm2)	Diámetro Aislado (mm)	Conductor Neutro Soporte Aislado (mm)	Carga de Rotura (kg)	Diámetro Total Aprox. Cable (mm)	Peso Aprox. Cable (kg/km)	Capacidad de Corriente (A)
3*6	6	5,42	---	---	4,72	830	11,64	265,65	59
3*10	10	6,33	---	---	4,72	830	13,61	385,27	82
3*16	16	7,40	---	---	4,72	830	15,91	561,63	109
3*25	25	8,68	---	---	4,72	1809	18,65	888,09	147
3*35	35	9,85	---	---	6,31	1809	21,18	1175,97	183
3*50	50	12,19	---	---	6,31	1809	26,21	1631,62	220

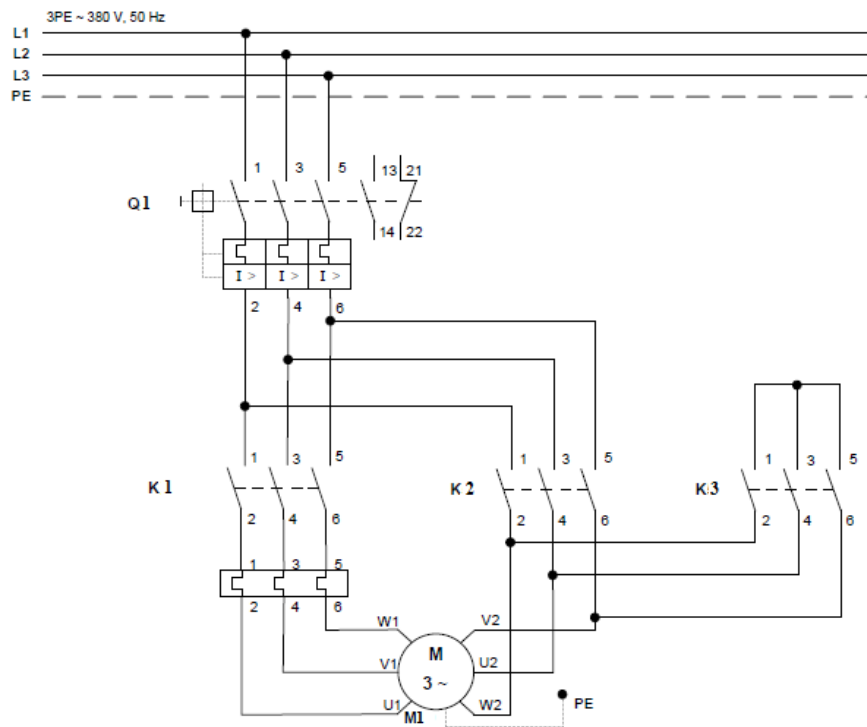


Figura S 10. Diagrama de fuerza: Guardamotor y contactor - Arranque Y-Δ

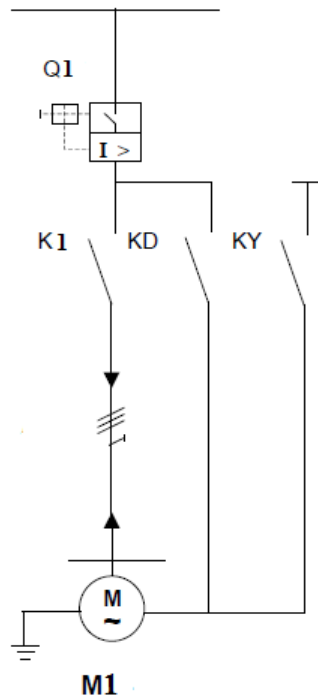


Figura S 11. Diagrama de unifilar: Guardamotor y contactor - Arranque Y-Δ

Tabla S 15. Catálogo de guardamotores y contactores (SIEMENS)

Regulación (A)	Guardamotor	Pieza de Unión	Contactor	Adaptador	Tamaño
0,18 - 0,25	3RV10 11-0CA10	3RA19 11-1A	3RT10 15-1AP01	No es necesario	S00
0,22 - 0,32	3RV10 11-0DA10		3RT10 15-1AP01		S00
0,28 - 0,40	3RV10 11-0EA10		3RT10 15-1AP01		S00
0,35 - 0,50	3RV10 11-0FA10		3RT10 15-1AP01		S00
0,45 - 0,60	3RV10 11-0GA10		3RT10 15-1AP01		S00
0,55 - 0,80	3RV10 11-0HA10		3RT10 15-1AP01		S00
0,70 - 1,0 A	3RV10 11-0JA10		3RT10 15-1AP01		S00
0,90 - 1,25 A	3RV10 11-1AA10		3RT10 15-1AP01		S00
1,1 - 1,6 A	3RV10 11-1BA10		3RT10 15-1AP01		S00
1,4 - 2,0 A	3RV10 11-1CA10		3RT10 15-1AP01		S00
1,8 - 2,5 A	3RV10 21-1CA10	3RA19 21-1A	3RT10 24-1AN20	No es necesario	S0
2,2 - 3,2 A	3RV10 21-1DA10		3RT10 24-1AN20		S0
2,8 - 4,0 A	3RV10 21-1EA10		3RT10 24-1AN20		S0
3,5 - 5,0 A	3RV10 21-1FA10		3RT10 24-1AN20		S0
4,5 - 6,3 A	3RV10 21-1GA10		3RT10 24-1AN20		S0
5,5 - 8,0 A	3RV10 21-1HA10		3RT10 24-1AN20		S0
7,0 - 10,0 A	3RV10 21-1JA10		3RT10 26-1AN20		S0
9,0 - 12 A	3RV10 21-1KA10		3RT10 26-1AN20		S0
11 - 16 A	3RV10 21-4AA10		3RT10 26-1AN20		S0
14 - 20 A	3RV10 21-4BA10		3RT10 26-1AN20		S0
17 - 22 A	3RV10 21-4CA10		3RT10 26-1AN20		S0
18 - 25 A	3RV10 31-4DA10	3RA19 31-1A	3RT10 34-1AN20	3RA19 31-1A	S2
22 - 32 A	3RV10 31-4EA10		3RT10 34-1AN20		S2
28 - 40 A	3RV10 31-4FA10		3RT10 35-1AN20		S2
36 - 45 A	3RV10 31-4GA10		3RT10 36-1AN20		S2
40 - 50 A	3RV10 31-4HA10		3RT10 36-1AN20		S2
45 - 63 A	3RV10 41-4JA10	3RA19 41-1A	3RT10 44-1AN20	3RA19 41-1A	S3
57 - 75 A	3RV10 41-4KA10		3RT10 45-1AN20		S3
70 - 90 A	3RV10 41-4LA10		3RT10 46-1AN20		S3
80 - 100 A	3RV10 41-4MA10		3RT10 46-1AN20		S3

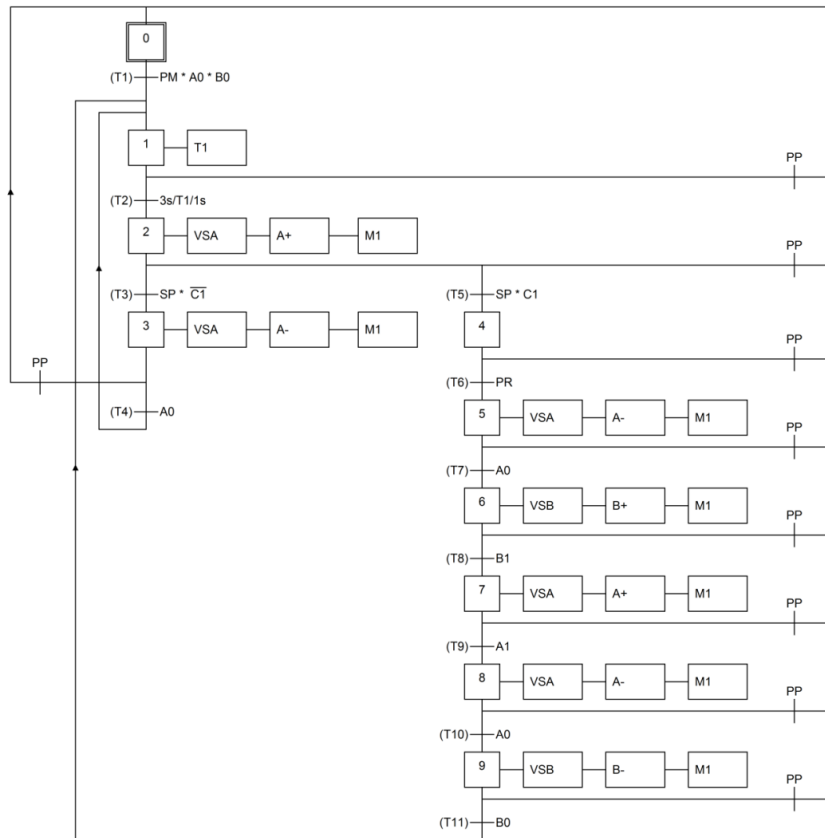


Figura S 12. Grafcet de segundo nivel

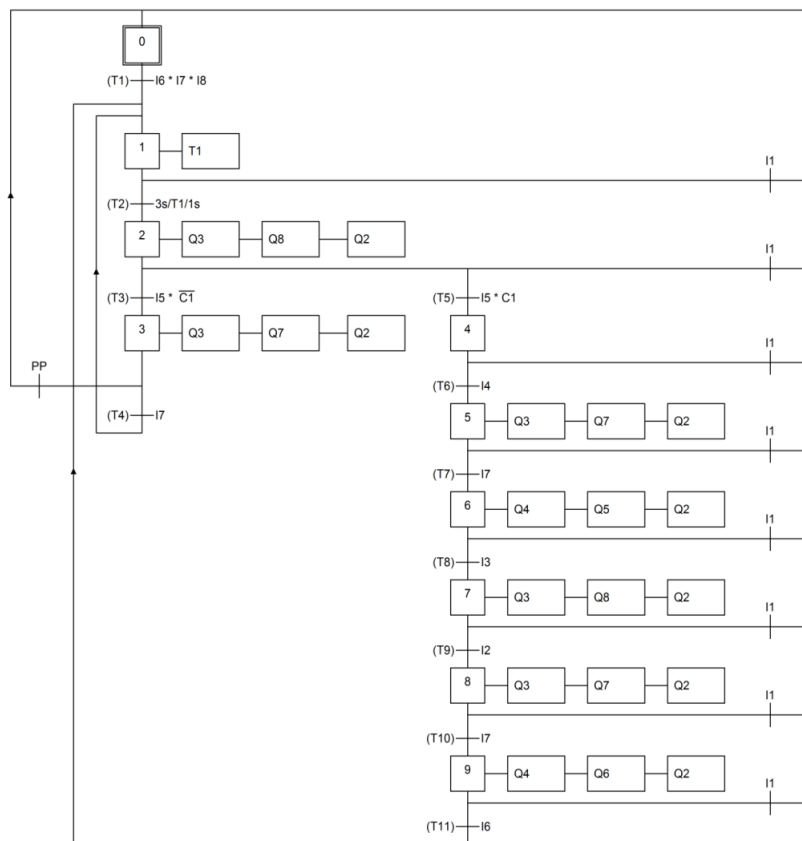


Figura S 13. Grafcet de tercer nivel

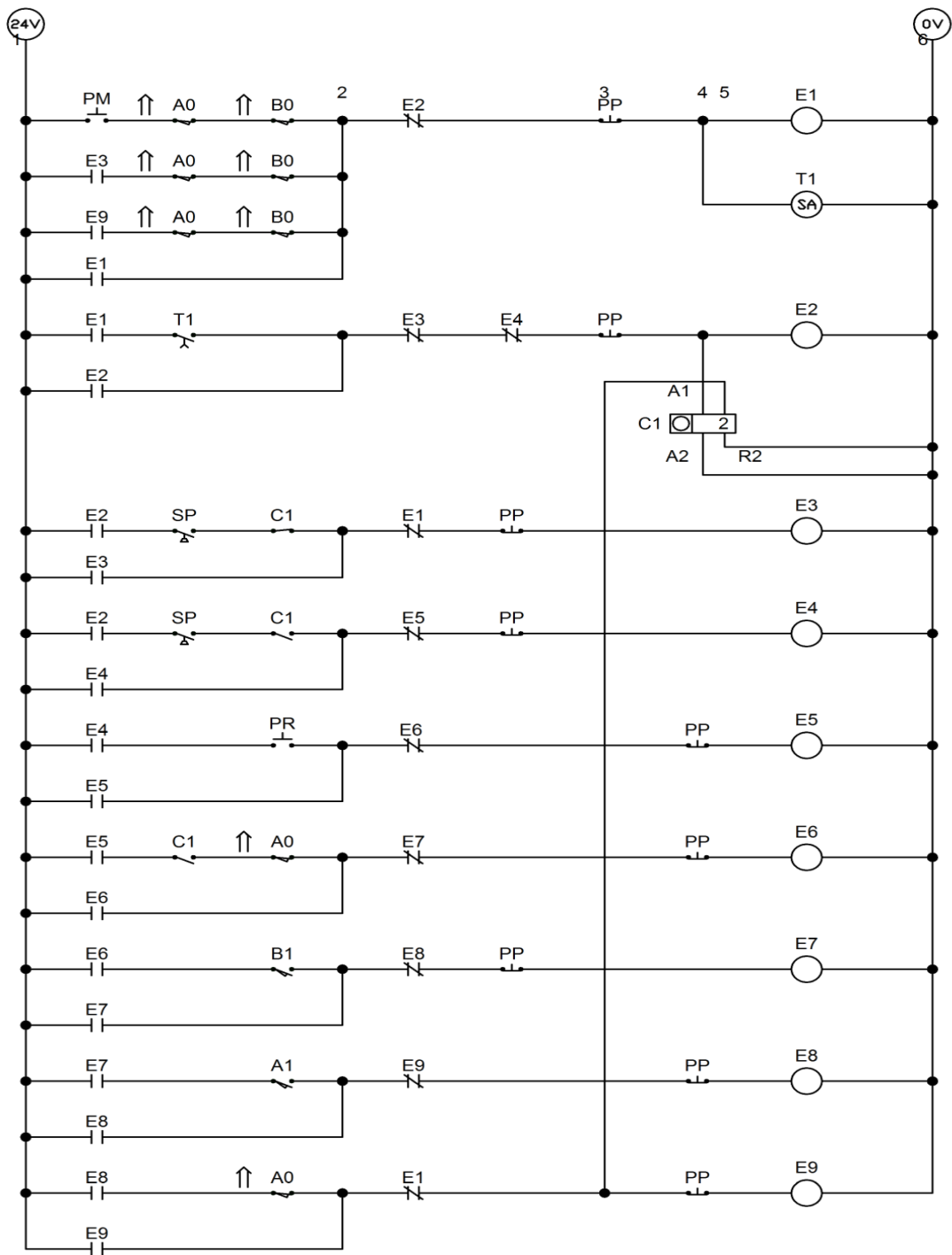


Figura S 14. Diagrama escalera

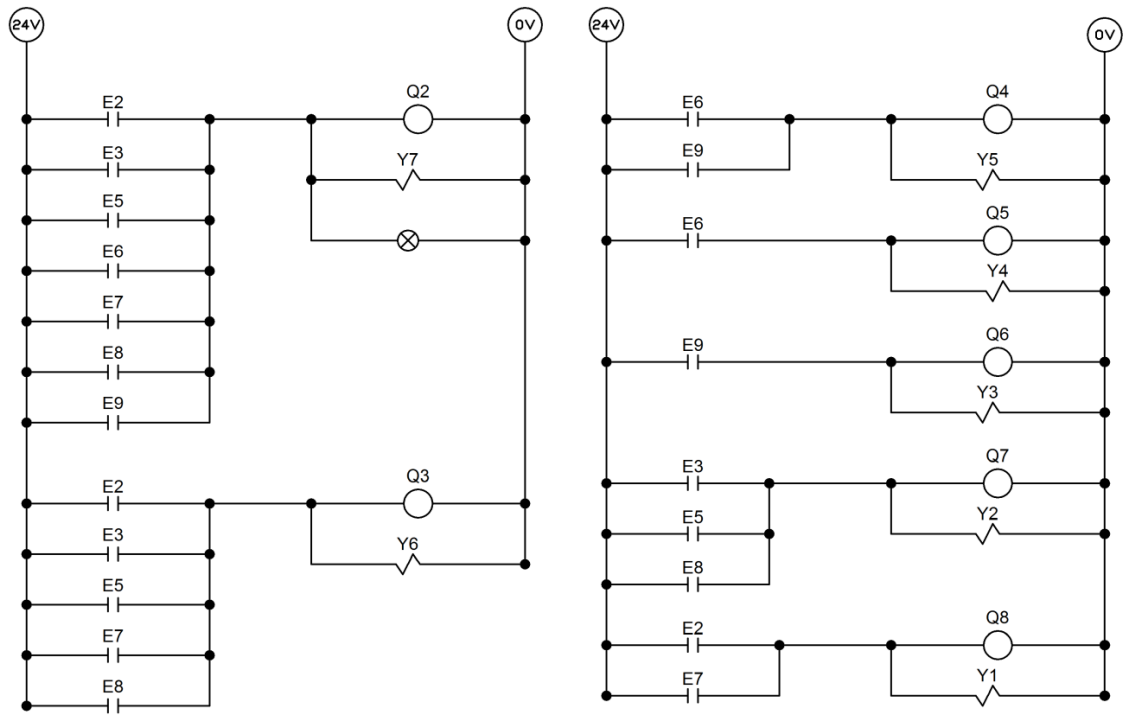


Figura S 15. Diagrama escalera salida a relés

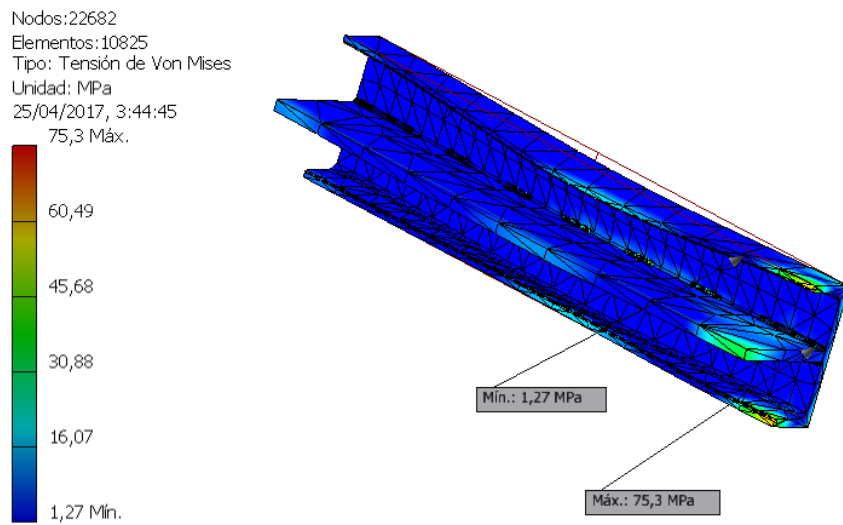


Figura S 16. FEA, tensión de Von Mises viga pared lateral

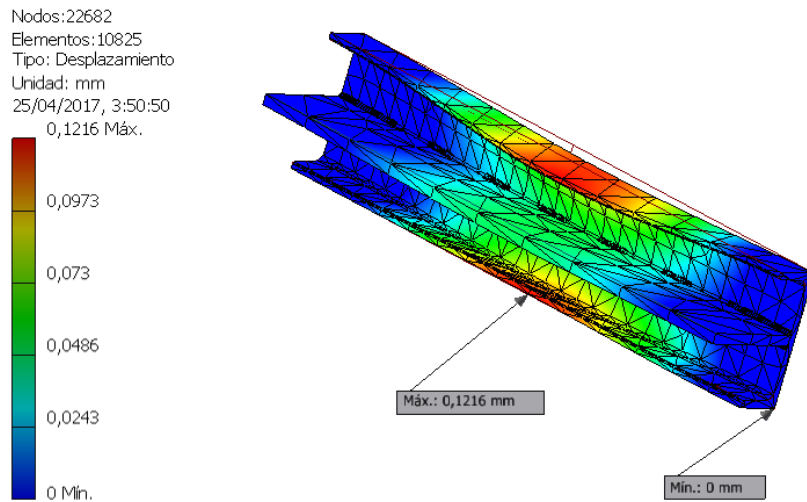


Figura S 17. FEA, desplazamiento viga pared lateral

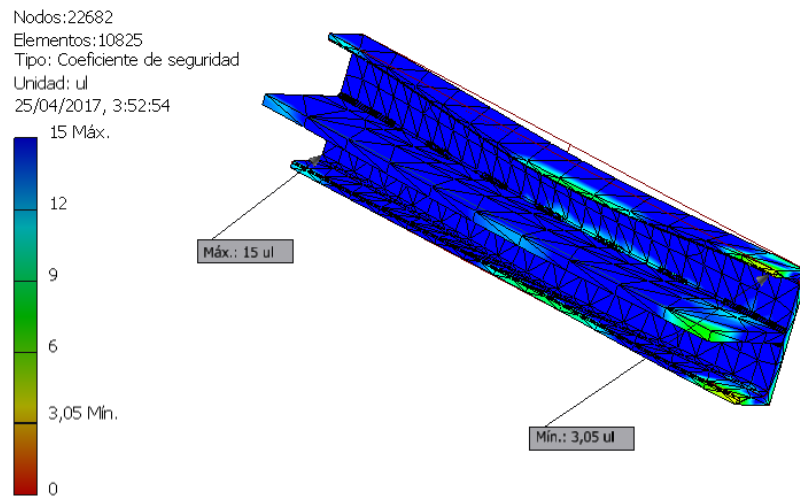


Figura S 18. FEA, coeficiente de seguridad viga pared lateral

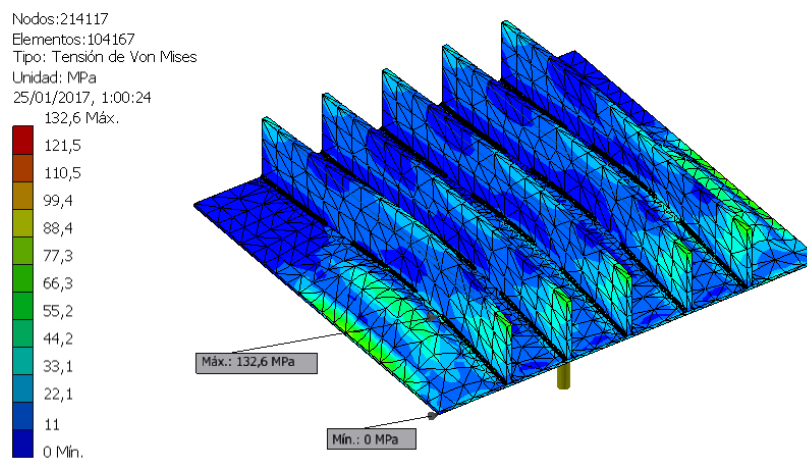


Figura S 19. FEA, tensión de Von Mises pared superior

Nodos:214117
Elementos:104167
Tipo: Desplazamiento
Unidad: mm
25/01/2017, 1:04:07
0,1542 Máx.

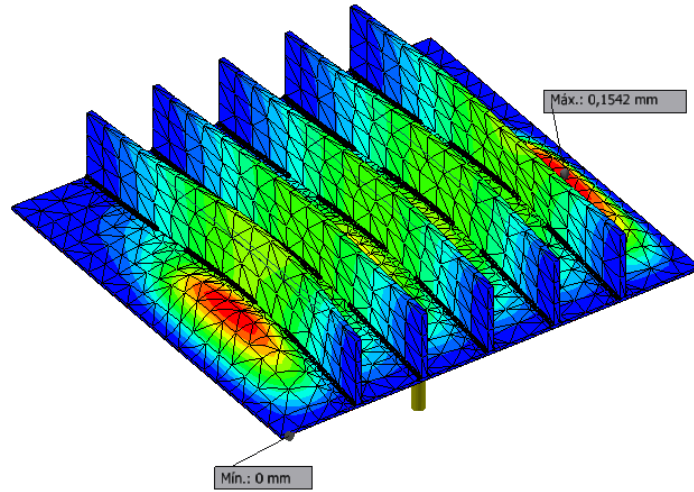
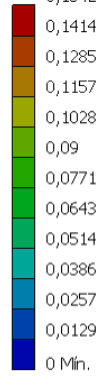


Figura S 20. FEA, desplazamiento pared superior

Nodos:214117
Elementos:104167
Tipo: Coeficiente de seguridad
Unidad: ul
25/01/2017, 1:15:33
15 Máx.

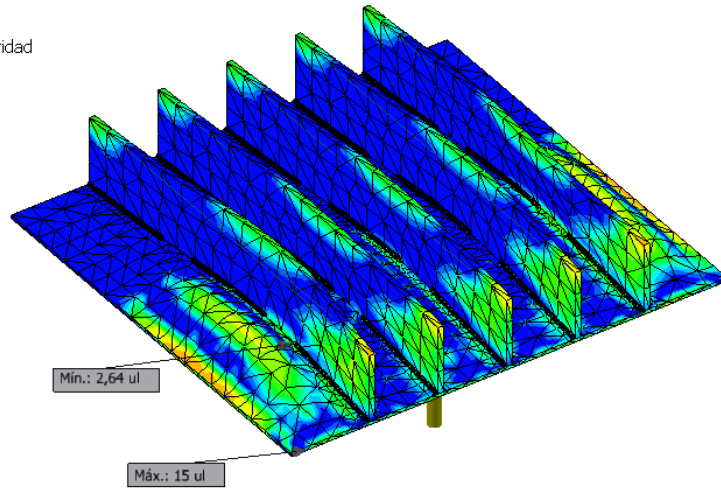
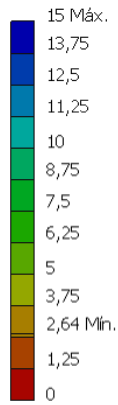


Figura S 21. FEA, coeficiente de seguridad pared superior

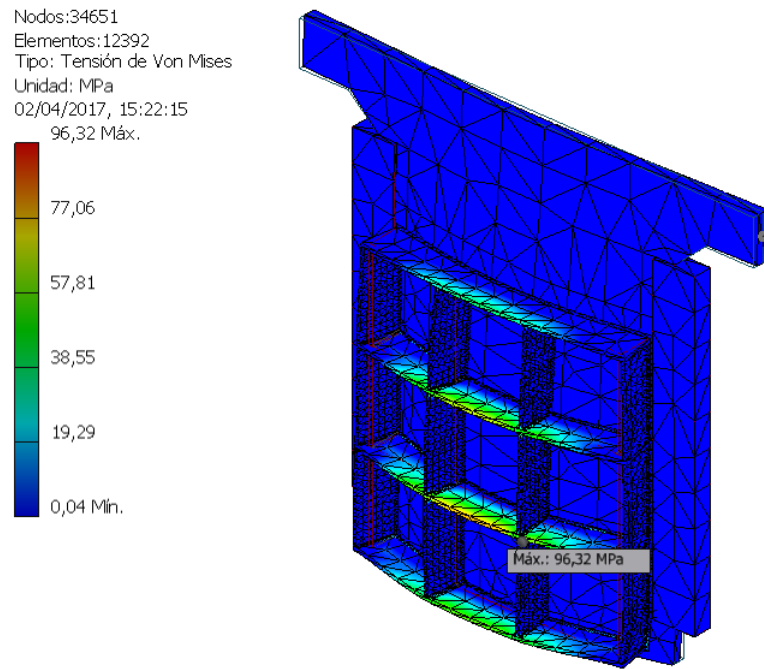


Figura S 22. FEA, Tensión de Von mises, puerta y carril puerta

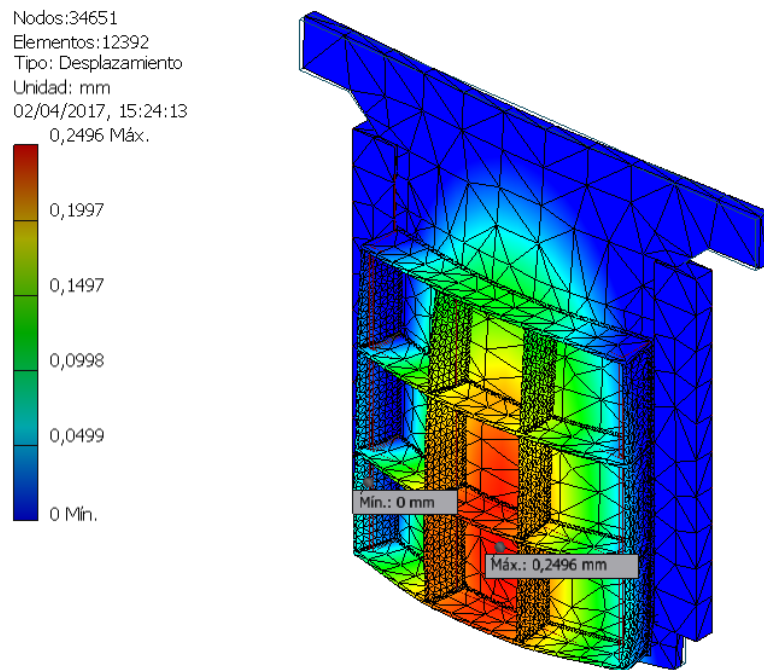


Figura S 23. FEA, desplazamiento puerta y carril puerta

Nodos:34651
Elementos:12392
Tipo: Coeficiente de seguridad
Unidad: ul
02/04/2017, 15:26:47

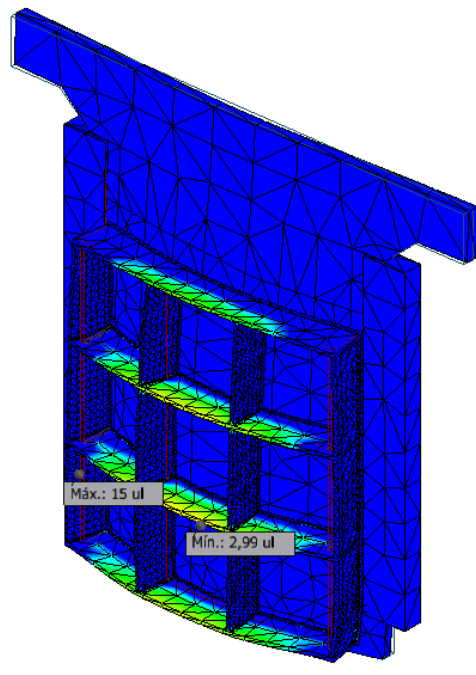
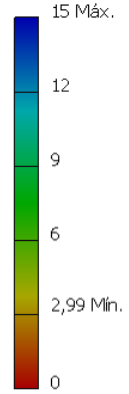


Figura S 24. FEA, coeficiente de seguridad puerta y carril puerta

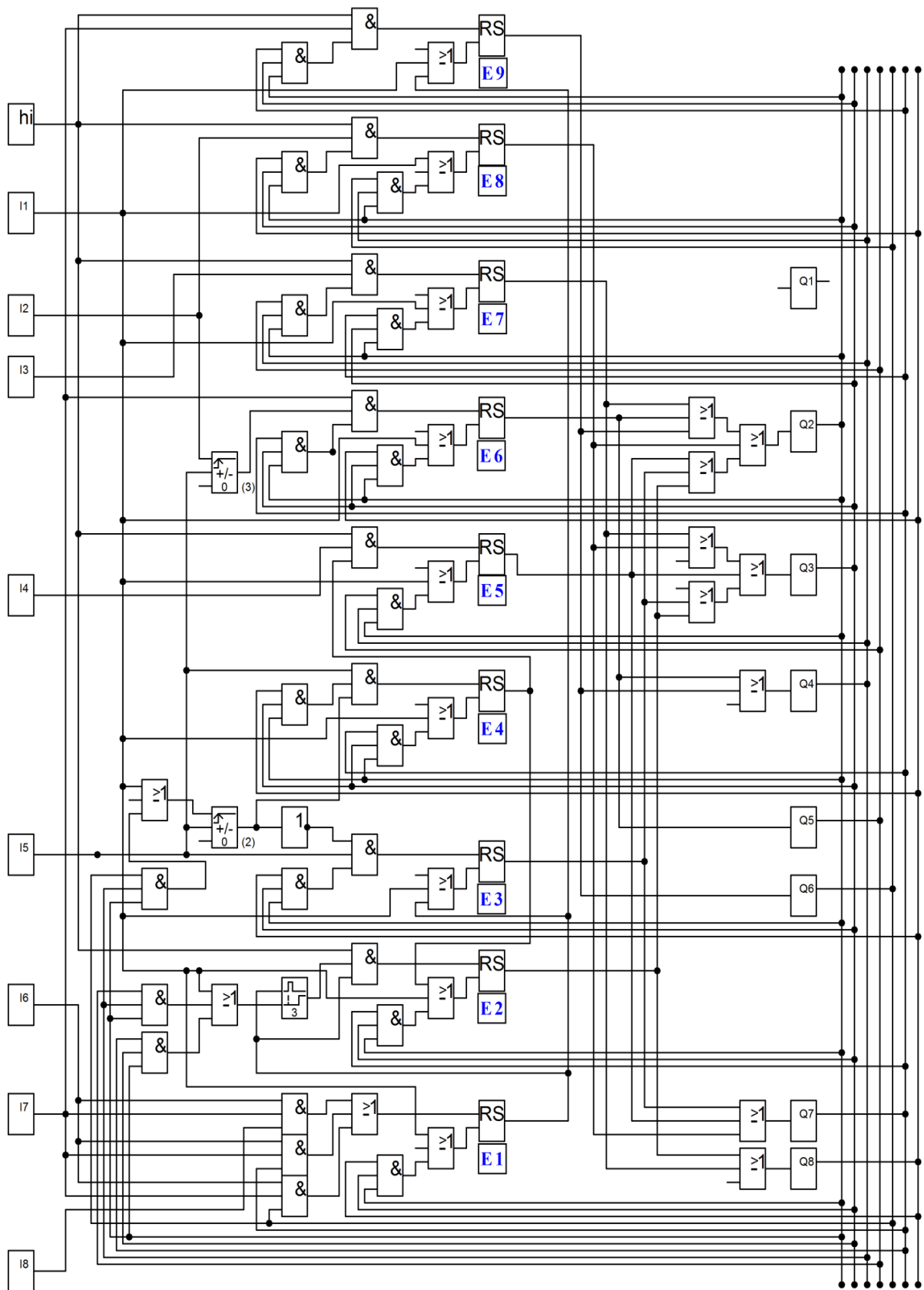


Figura S 25. Logigrama de funcionamiento

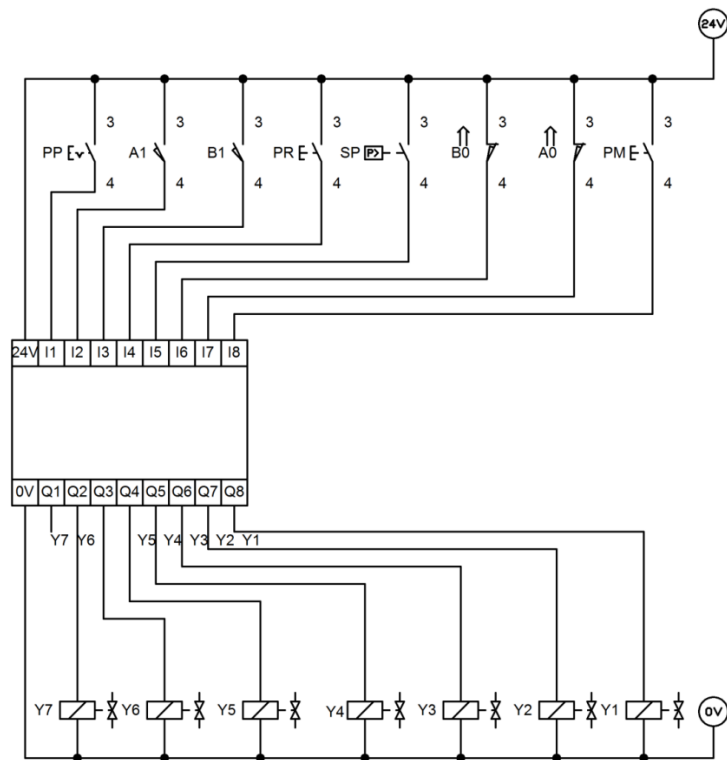


Figura S 26. Diagrama de entradas y salidas en el PLC

Tabla S 16. Resumen de costos por conjunto de componentes del diseño de maquina propuesto

Cliente: Cartonbol					
Lugar: Oruro					
Fecha: 01/abr/2017					
Tipo de cambio: 6,96					
N°	Descripción	Unid.	Canti	Unitario	Parcial (Bs)
>	M01 - Modulo# 1				220.708,19
1	Estructura (cámara de compactación)	pza.	1,00	18.507,56	18.507,56
2	Estructura (cámara de recepción)	pza.	1,00	12.405,48	12.405,48
3	Estructura (soporte de cilindro compactador)	pza.	1,00	10.976,49	10.976,49
4	Estructura (tolva de recepción)	pza.	1,00	4.561,50	4.561,50
5	Estructura (puerta cámara de compactación)	pza.	1,00	7.395,29	7.395,29
6	Estructura (mesa móvil de compactación)	pza.	1,00	5.194,92	5.194,92
7	Montaje (sistema de compactación)	pza.	1,00	25.475,22	25.475,22
8	Montaje (sistema de apertura y cierre de puerta)	pza.	1,00	44.765,42	44.765,42
9	Montaje (central hidráulica)	pza.	1,00	74.441,03	74.441,03
10	Montaje (sistema eléctrico electrónico)	pza.	1,00	16.985,28	16.985,28
Total presupuesto:					220.708,19
Son: Doscientos Veinte Mil Setecientos Ocho con 19/100 Bolivianos					