



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño y Prototipo de una Máquina Medidora de Superficies de Cuero para la contabilización del Gasto del Material en la Empresa Calzado Javier.

Pazmiño Palma, Hólguer Mauricio
Departamento de Eléctrica y Electrónica

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico

Forma de una banda de cuero y de las piezas cortadas



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- La empresa productora de calzado “Calzado Javier” no cuenta con un sistema que cuantifique el consumo de una de sus principales y más costosas materias primas, el cuero.
- La causa del problema radica en que el proceso de medición manual es tedioso, demorado o impreciso debido a la forma irregular del cuero y de las piezas cortadas.

JUSTIFICACIÓN

- En la industria de cuero y calzado de la provincia de Tungurahua se necesita elevar la efectividad organizacional de manera tal que contribuya al desarrollo de las estrategias en el cambio de la matriz productiva con el uso del conocimiento, planteando como objetivo el aporte de una solución electromecánica al problema de la empresa artesano-industrial Calzado Javier.

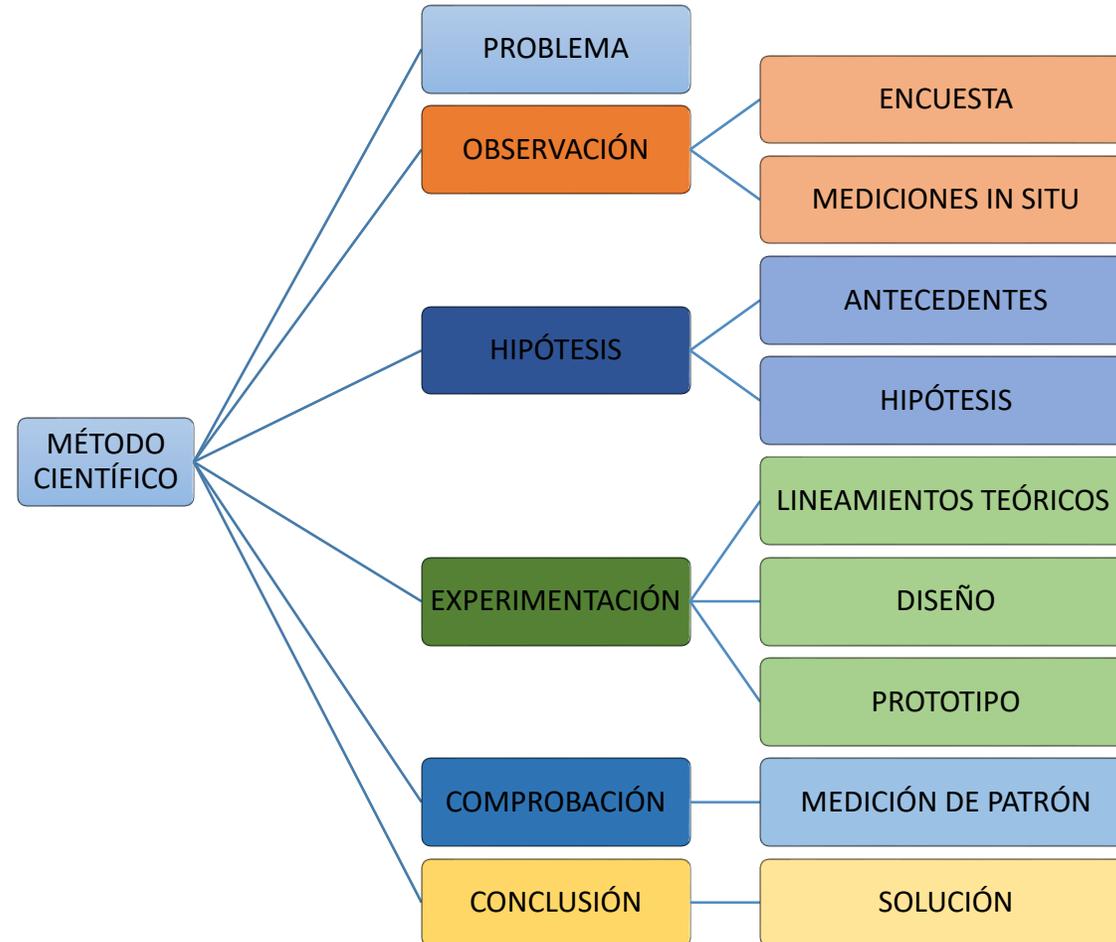
Objetivo general

- Diseñar y construir un prototipo de una máquina medidora de superficies de cuero para la contabilización del gasto del material en la empresa Calzado Javier.

Objetivos específicos

- Establecer la metodología, los lineamientos teóricos y de campo para desarrollar un prototipo de una máquina medidora de superficies de cuero.
- Diseñar el prototipo de la máquina medidora de superficies de cuero según datos obtenidos en el primer objetivo.
- Construir el prototipo de la máquina medidora de superficies.
- Verificar que el prototipo cumpla con las especificaciones requeridas por el usuario.

METODOLOGÍA



Antecedentes

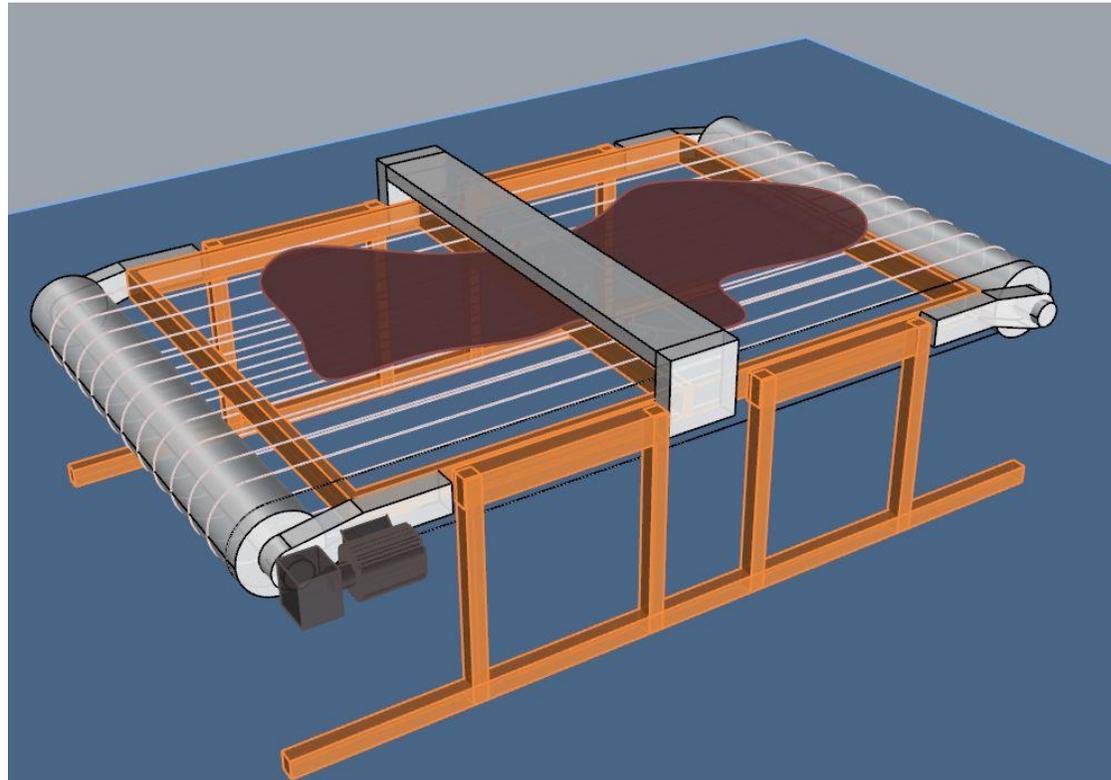
Medición de cuero con máquinas

- Visión artificial

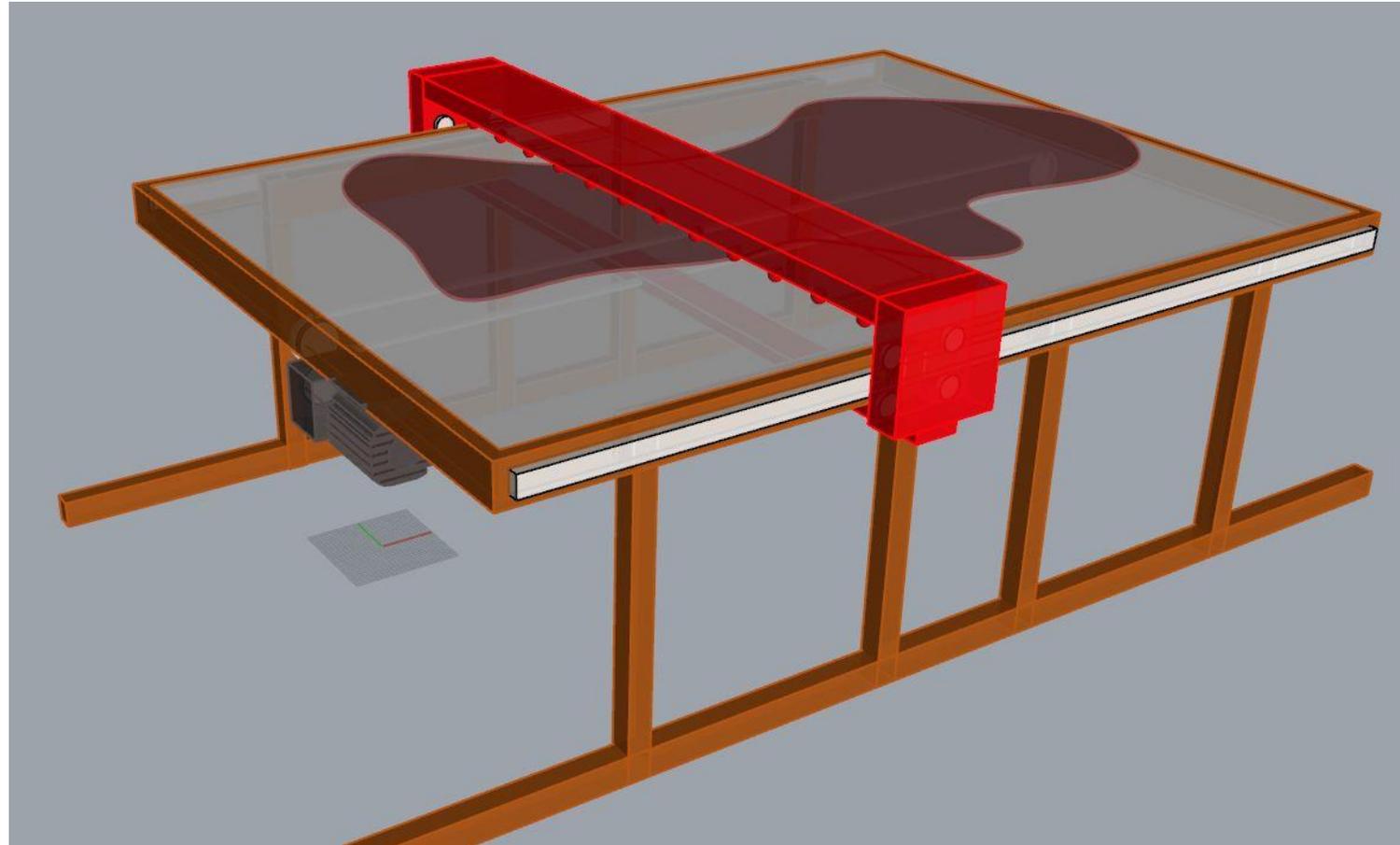
En la universidad de Ricardo Palma de Perú se usa la aplicación de visión artificial para determinar el área del cuero. Esta técnica muestra dificultad para hacerlo con la raza Holstein que tiene varios colores.



Máquina medidora con rodillos

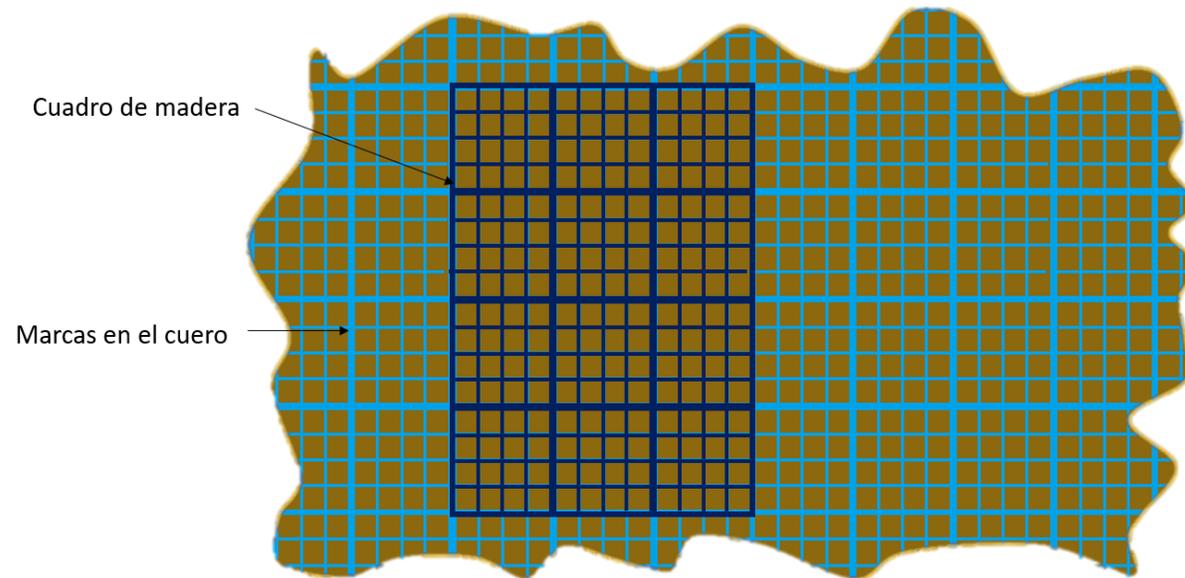


Máquina medidora sin rodillos



Medición manual.

- Recortado sobre papel.
- Método de cuadro.



Conceptos

- **Superficie.** Magnitud que expresa la extensión en dos dimensiones, longitud y anchura, cuya unidad en el sistema internacional es el metro cuadrado.
- **Error.** El error de un proceso se define como la diferencia entre la lectura leída y la dimensión especificada.
- **Prototipo.** Un prototipo puede ser un servicio, producto, modelo o máquina en pruebas o en proceso de idealización que tiene como objetivo la demostración de cualquier tipo.
- **Patrón.** Instrumento de referencia que se usa como estándar de medición.

OBSERVACIÓN

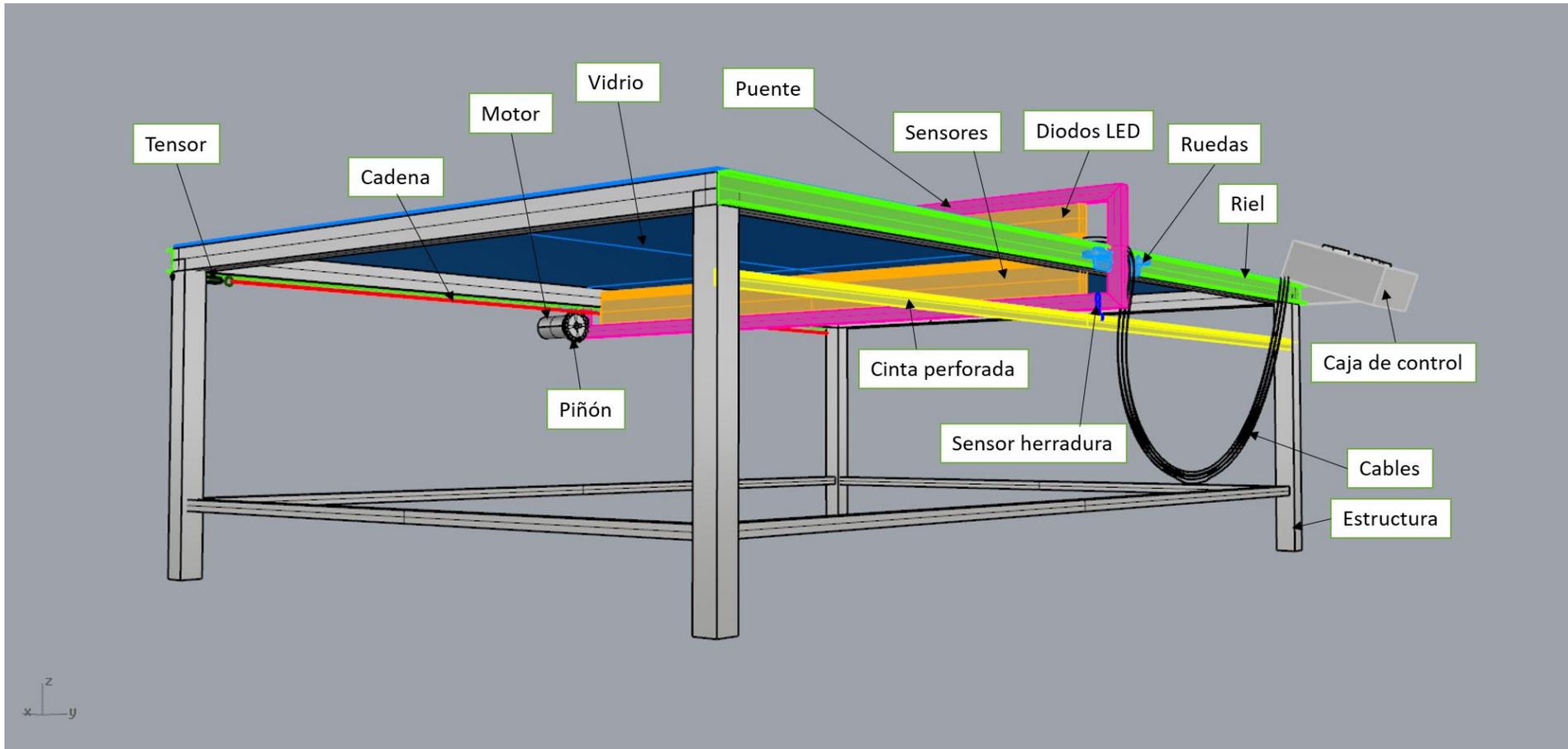
- *Tiempo máximo de medición por pieza* 60 segundos
- *Ancho máximo de la pieza de cuero* 1,5 metros
- *Largo máximo de la pieza de cuero* 2,2 metros
- *Espesor máximo de la pieza de cuero* 3 milímetros
- *Peso máximo de una pieza de cuero* 2,3 kilogramos
- *Área máxima de cuero* 222 dm² (2,22m²)

Análisis de alternativas

Criterios	VISIÓN	SENSORES	SENSORES
	ARTIFICIAL	FIJOS	MÓVILES
Económico	4	2	3
Montaje	2	3	4
Desempeño	2	4	4
Accesibilidad	3	2	3
de materiales			
TOTAL	11	11	14

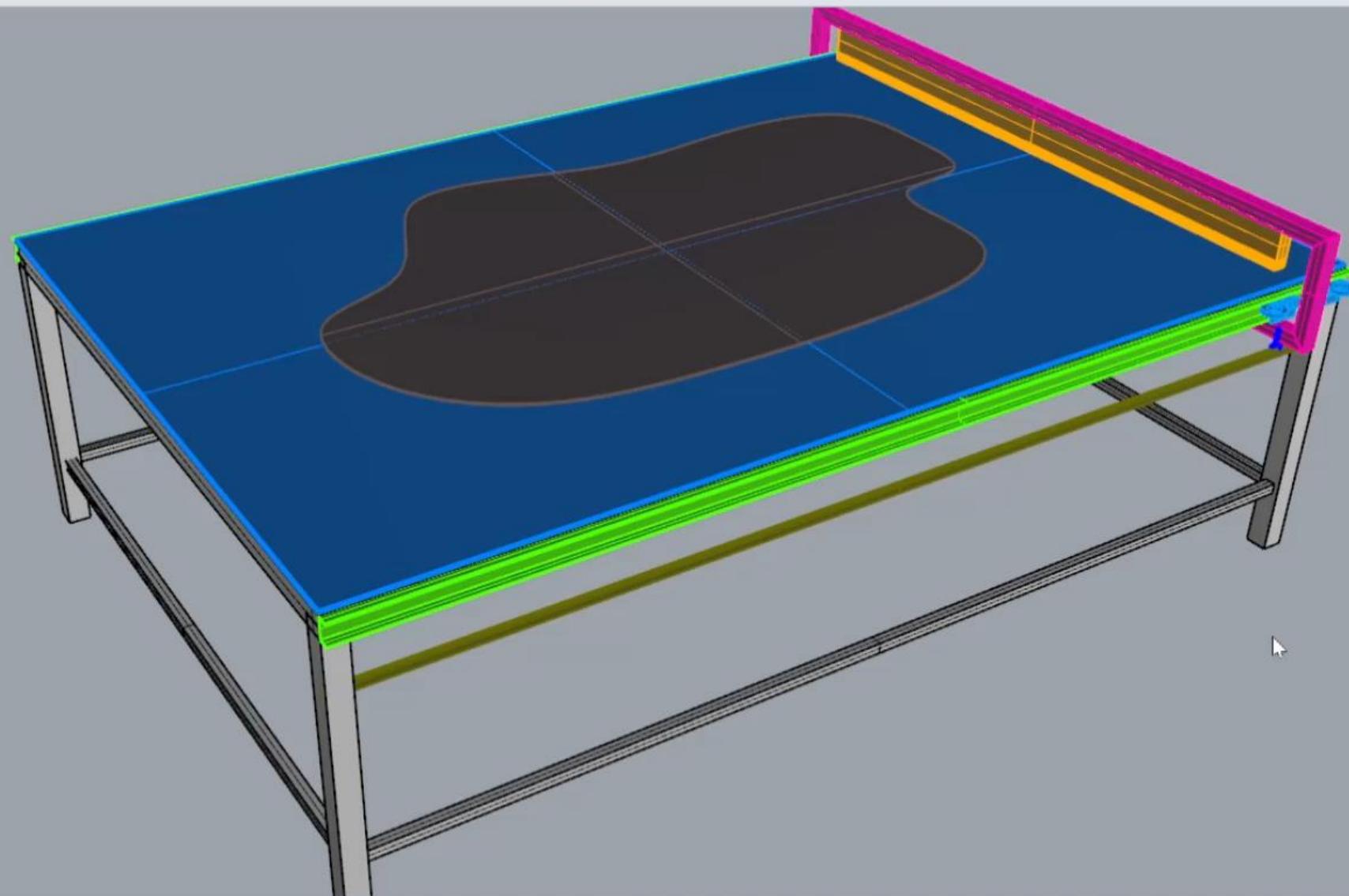
- **Variable independiente.** Diseño y construcción de un prototipo de máquina de medición de superficies de cuero
- **Variable dependiente.** Medir superficies planas de cuero en la empresa Calzado Javier con un error menor al 5%.
- **Hipótesis.** El diseño y construcción de un prototipo de medición de superficies de cuero permite determinar con precisión la superficie de cuero en la empresa Calzado Javier.

Partes de la máquina medidora





Perspective



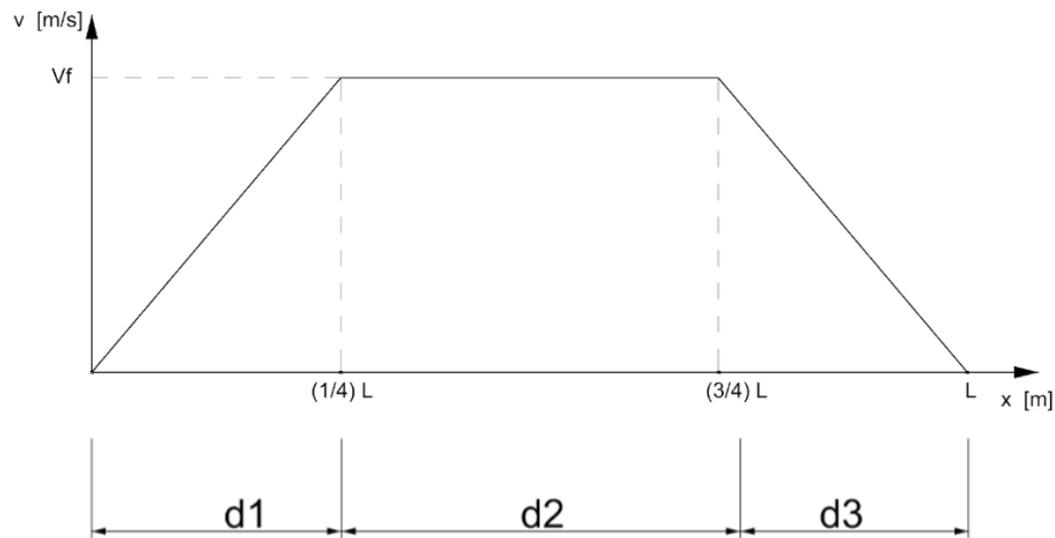
- Prop...
- basura
 - madera
 - cables
 - cadena
 - basura
 - caja de control
 - cinta perforada
 - cuero
 - estructura**
 - finales de carrera
 - motor
 - piñon
 - porta**
 - líneas
 - portasensores
 - puente
 - rieles
 - ruedas
 - SENSOR HERRA
 - cinta agujereada
 - sensor herradu
 - vidrio templado
 - cotas
 - tensor

Top Perspective Front Right

Point Mid Cen Int Perp Tan Quad Knot Vertex Project Disable



ANÁLISIS DE INFORMACIÓN OBTENIDA.



$$V_0 = 0$$

$$L = 2.2 \text{ m}$$

$$t_T = 40 \text{ s}$$

$$d_1 = \frac{L}{4}$$

$$d_1 = \frac{2.2 \text{ m}}{4}$$

$$d_1 = 0.55 \text{ m}$$

$$t_1 = \frac{40 \text{ s}}{4}$$

$$t = 10 \text{ s}$$

$$d_1 = V_0 t + \frac{1}{2} a t_1^2$$

$$a = \frac{2 d_1}{t_1^2}$$

$$a = \frac{2 * 0.55 \text{ m}}{(10 \text{ s})^2}$$

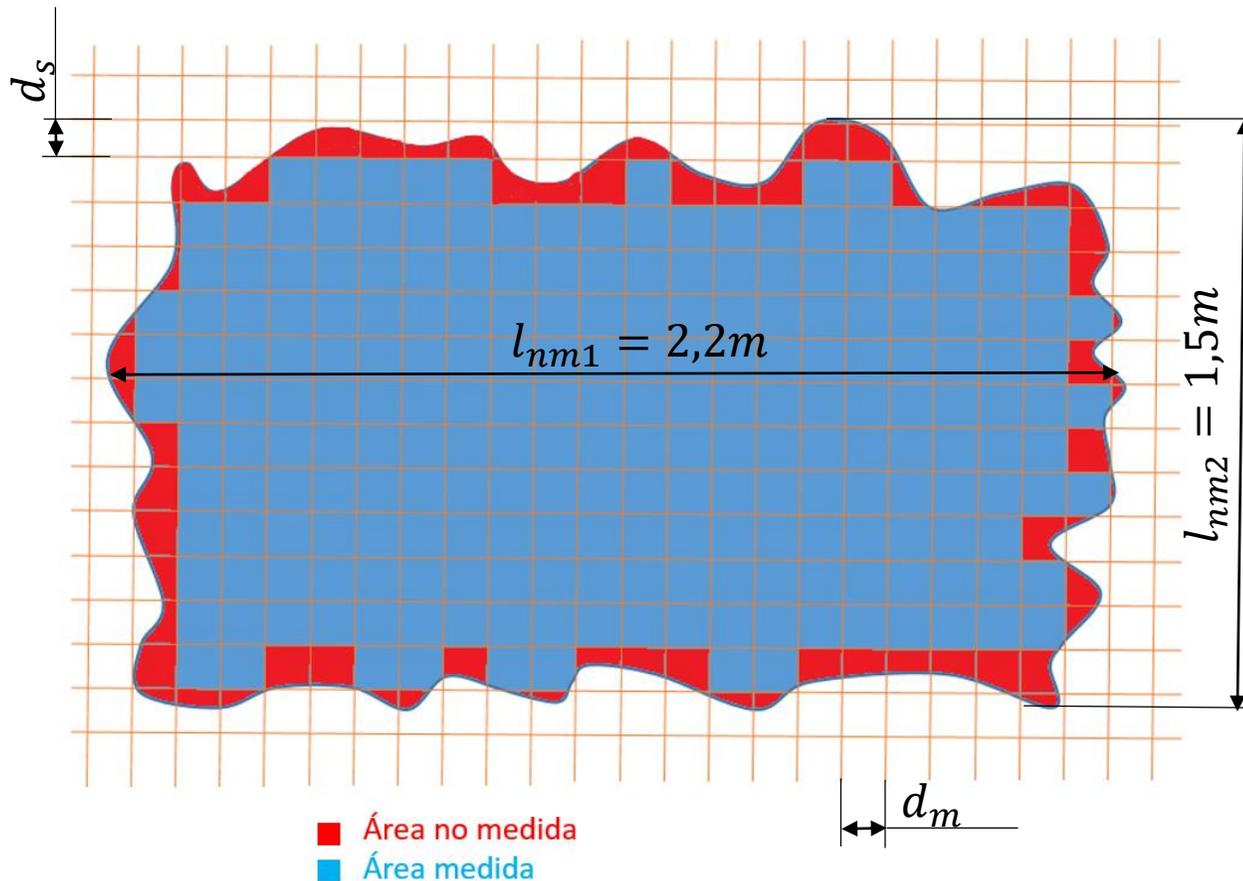
$$a = 0.011 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$V_f^2 = V_0^2 + 2ad_1$$

$$V_f^2 = 2 * 0.011 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.55 \text{ m}$$

$$V_f = 0.11 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Error de medida en la periferia del cuero.



$$error_{m\acute{a}x} = 222 \text{ dm}^2 \cdot \frac{5}{100}$$

$$error_{m\acute{a}x} = 11.1 \text{ dm}^2 \left(\frac{1 \text{ m}^2}{(10 \text{ dm})^2} \right) = 0.111 \text{ m}^2$$

$$\acute{A}_{nm1} = 2 l_{nm1} d_s$$

$$\acute{A}_{nm2} = 2 l_{nm2} d_m$$

$$\acute{A}_{nm1} + \acute{A}_{nm2} < error_{m\acute{a}x}$$

$$2 l_{nm1} d_s + 2 l_{nm2} d_m < error_{m\acute{a}x}$$

$$2 * 2.2 \text{ m} * d_s + 2 * 1.5 \text{ m} * 0.005 \text{ m} < 0.111 \text{ m}^2$$

$$d_s < 0.0218 \text{ m}$$

$$n_d = \frac{\text{ancho total}}{\text{distancia entre sensores}}$$

$$n_d = \frac{1.5 \text{ m}}{0.0218}$$

$$n_d = 68.75$$

$$d_s = \frac{\text{ancho total}}{\text{número de divisiones}}$$

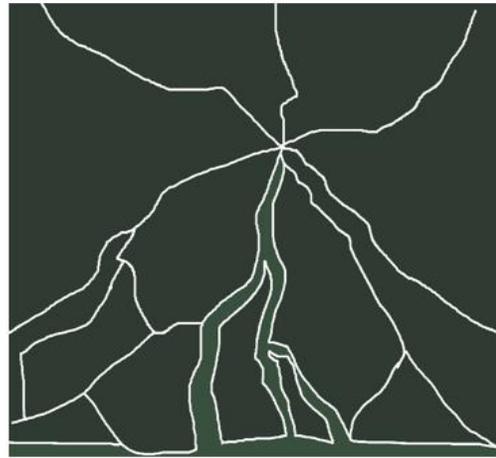
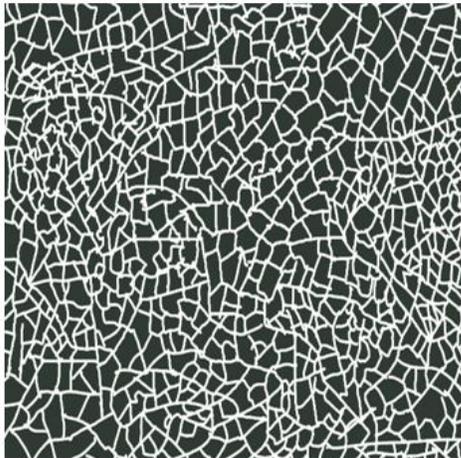
$$d_s = \frac{1.5 \text{ m}}{69}$$

$$d_s = 0.0217 \text{ m}$$



Diseño y desarrollo.

Vidrio templado



Fragmentación del vidrio templado y del vidrio sin templar.

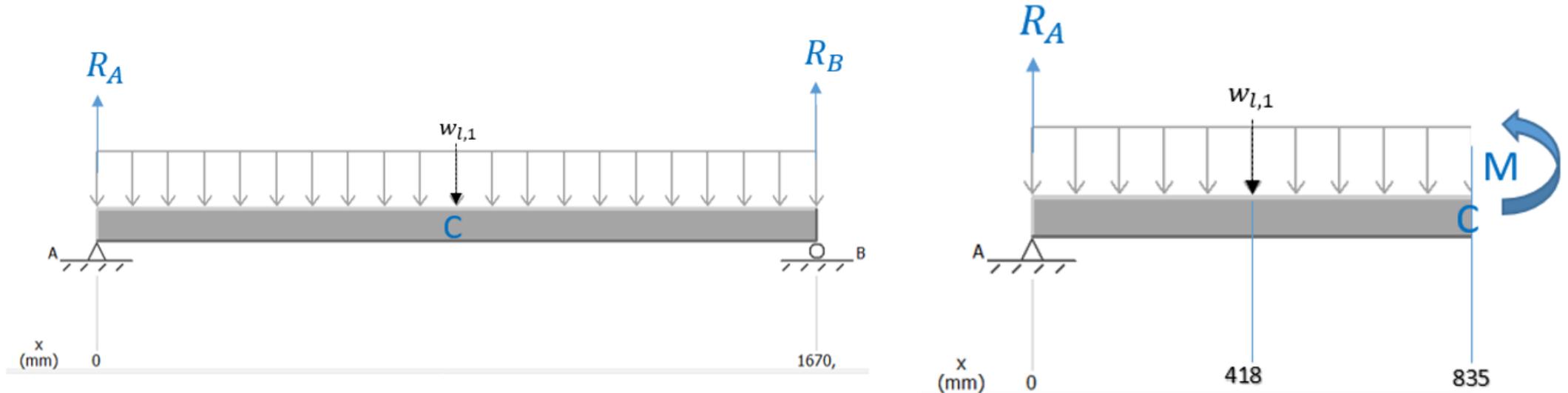
Vidrio: 2,6m x 1,6m x 10mm

Vidrios de seguridad (INEN 2 067, 1996)

ESPESORES (mm)									Medida Máxima (mm)	Lugar de uso*
3	4	5	6	8	10	12	15	19		
	x		x						1 000x800 1 100x1 000 1 200x1 500 1 400x1 800 1 600x2 200	Claraboyas
	x		x						1 200x2 200 1 400x2 400 1 700x2 600 1 800x2 800 2 000x3 300	Fachadas de edificios
	x		x						1 200x2 200 1 400x2 400 1 700x2 600	Casas
	x		x						900x2 000 1 000x2 400 1 200x2 400 1 400x2 600 1 700x3 000 2 000x3 300	Divisiones de ambiente
x	x		x						600x600 700x700 800x800 1 000x1 400 1 400x2 000 1 800x2 500	Mesas y tableros
					x				2 000x2 800 2 100x3 000 2 400x3 300	
	x		x						800x800 1 200x1 200 1 400x1 400 1 500x2 000	Protector de pisos
					x		x		800x800 1 100x1 100 1 400x1 400	Pisos de vidrio
x	x		x						700x2 000 850x2 000 900x2 100 950x2 200 850x2 100 1 000x2 200 1 200x2 300 1 200x2 500 1 200x3 000	Puertas
	x		x						800x1 700 900x1 800 1 000x1 900 1 100x2 200 1 200x2 400	Cortinas de baño para puertas y módulos fijos



Momento flector en la viga del puente.



Masa de tubo y de los sensores

$$w_{l,1} = \left(m_{l,1} + \frac{m_r}{l_r} \right) * g$$

$$w_{l,1} = \left(1.78 \frac{Kg}{m} + \frac{1 Kg}{1.5 m} \right) * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$w_{l,1} = 23.97 \frac{N}{m}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-1.67m R_A + w_{l,1} * 1.67m * \frac{1.67m}{2} = 0$$

$$-1.67 m * R_A + 23.97 \frac{N}{m} * 1.67 m * \frac{1.67 m}{2} = 0$$

$$R_A = 20.01 N$$

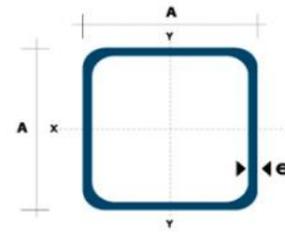
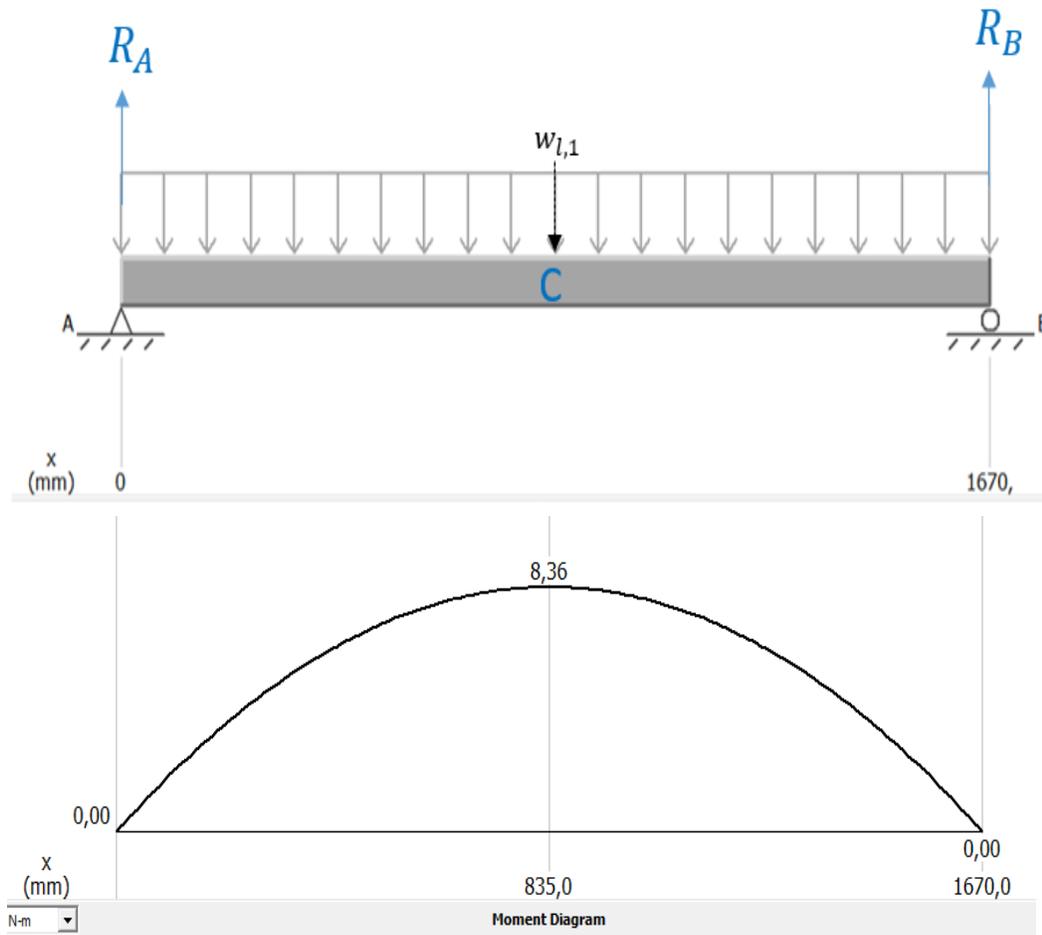
$$\sum M_C = 0$$

$$-0.84m * R_A + w_{l,1} * 0.84m * \frac{0.84m}{2} + M = 0$$

$$-20.01N * 0.84m + 23.97 \frac{N}{m} * 0.84 m * \frac{0.84 m}{2} + M = 0$$

$$M = 8.36 Nm$$

Viga del puente de sensores.



Tubo estructural A-36

Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espeor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

$$S_{\min} = \frac{|M|_{\max}}{\sigma_{perm}}$$

$$S_{\min} = \frac{8.36 \text{ Nm}}{250 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 3.34 * 10^{-8} \text{ m}^3$$

$$S_{\min} < S$$

$$3.34 * 10^{-8} \text{ m}^3 \left| \frac{(100 \text{ cm})^3}{(1 \text{ m})^3} \right| < 1.81 \text{ cm}^3$$

$$0.033 \text{ cm}^3 < 1.81 \text{ cm}^3$$

Peso del puente de sensores.

$$m_{puente} = m_{tc} + m_{sensores} + m_{LED} + m_{motor} + m_{cables} + m_{ruedas}$$

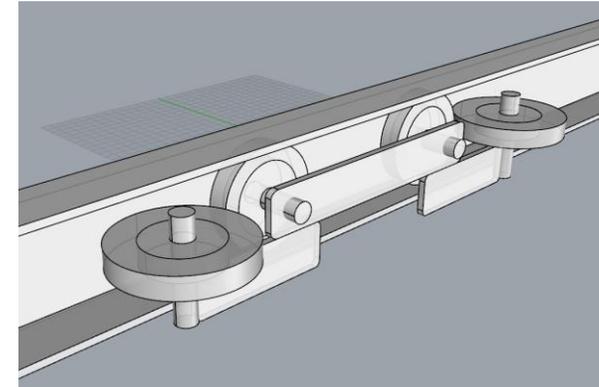
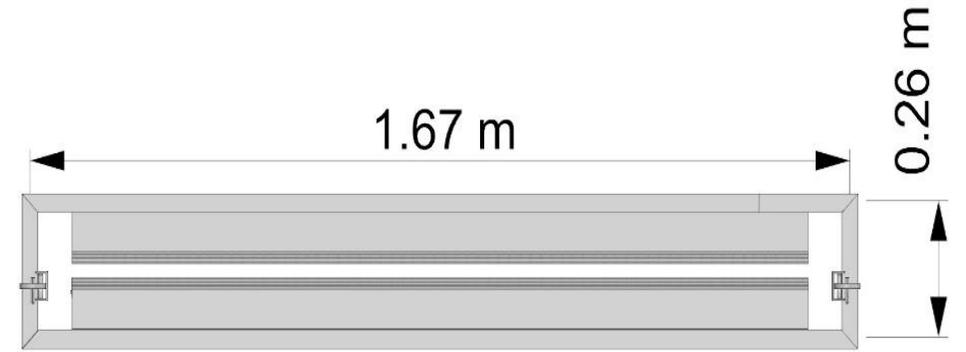
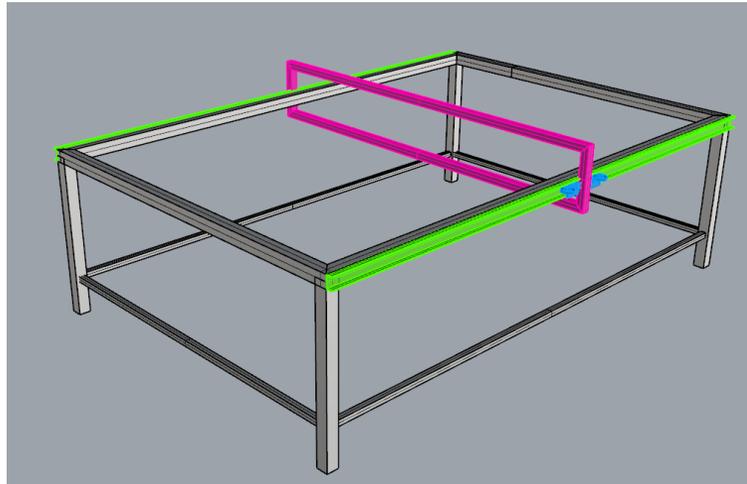
$$m_{puente} = (6.87 + 1 + 1 + 0.6 + 0.4 + 0.7)kg$$

$$m_{puente} = 10.57kg$$

$$p_{puente} = m_{puente} * g$$

$$p_{puente} = 10.57kg * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

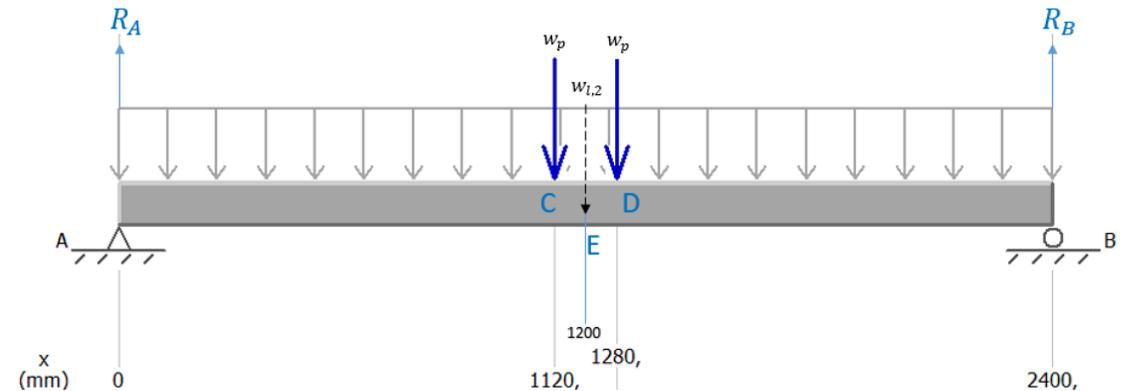
$$p_{puente} = 103.59 N$$



$$w_p = \frac{p_{puente}}{4}$$

$$w_p = \frac{103.59 N}{4}$$

$$w_p = 25.90 N$$



Carga de viga larga de estructura.

$$w_{l,2} = w_{l,trapecio} + w_{l,tr} + w_{l,riel}$$

$$w_{l,2} = \frac{w_s * \hat{A}_{trapecio}}{l} + l * m_{l,tr} * g + l * m_{l,riel} * g$$

$$\hat{A}_{trapecio} = \frac{B + b}{2} h_{trapecio}$$

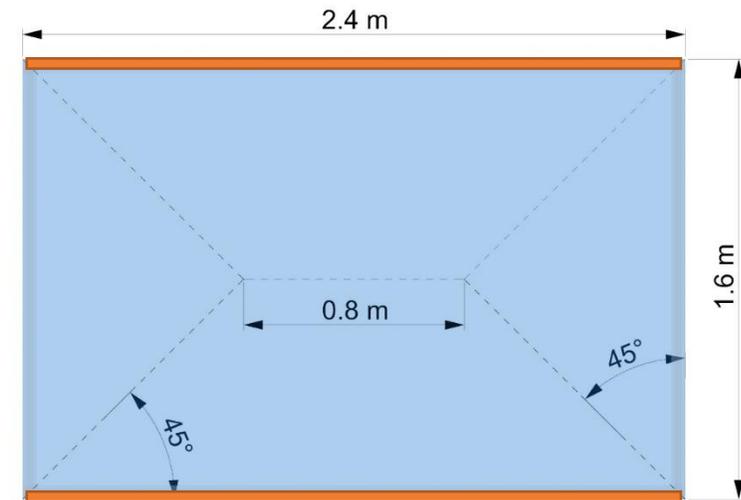
$$\hat{A}_{trapecio} = \frac{2.4m + 0.8m}{2} 0.8m$$

$$\hat{A}_{trapecio} = 1.28 m^2$$

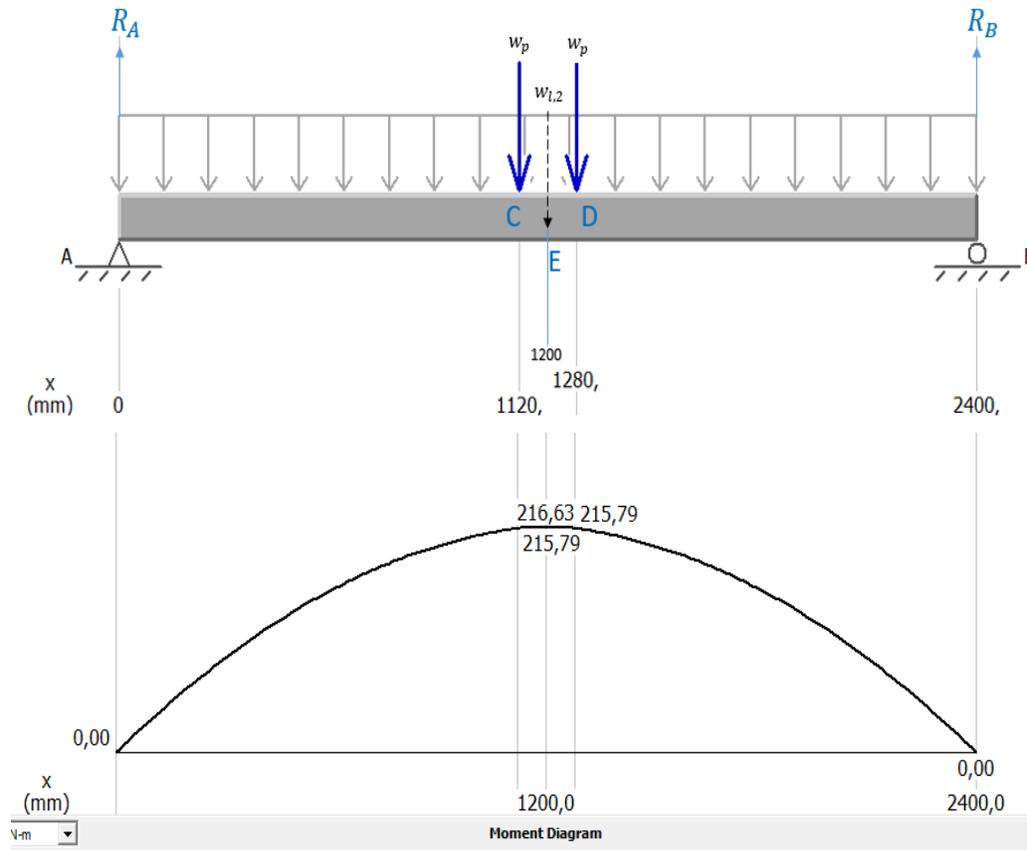
$$w_{l,2} = \frac{250.87 \frac{N}{m^2} * 1.28 m^2}{2.4 m} + 2.4 m * 3.3 \frac{kg}{m} * 9.8 \frac{m}{s^2} + 2.4 m * 2.09 \frac{kg}{m} * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$w_{l,2} = 133.80 \frac{N}{m} + 77.62 \frac{N}{m} + 49.16 \frac{N}{m}$$

$$w_{l,2} = 260.58 \frac{N}{m}$$



Viga larga de la estructura



Dimensiones				Área	Ejes Y-Y			Ejes X-X		
A mm	B mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm	i cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57

$$S_{\min} = \frac{|M|_{\max}}{\sigma_{perm}}$$

$$S_{\min} = \frac{216.63 \text{ Nm}}{250 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 8.67 * 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$S_{\min} < S$$

$$8.67 * 10^{-7} \text{ m}^3 \left| \frac{(100\text{cm})^3}{(1\text{m})^3} \right| < 5.11 \text{ cm}^3$$

$$0.87 \text{ cm}^3 < 5.11 \text{ cm}^3$$

Carga de viga corta de la estructura.

$$w_{l,3} = w_{l,triángulo} + w_{l,tr}$$

$$w_{l,3} = \frac{p_s * \hat{A}_{triángulo}}{a} + m_{l,tr} * a * g$$

$$\hat{A}_{triángulo} = \frac{b * h_{triángulo}}{2}$$

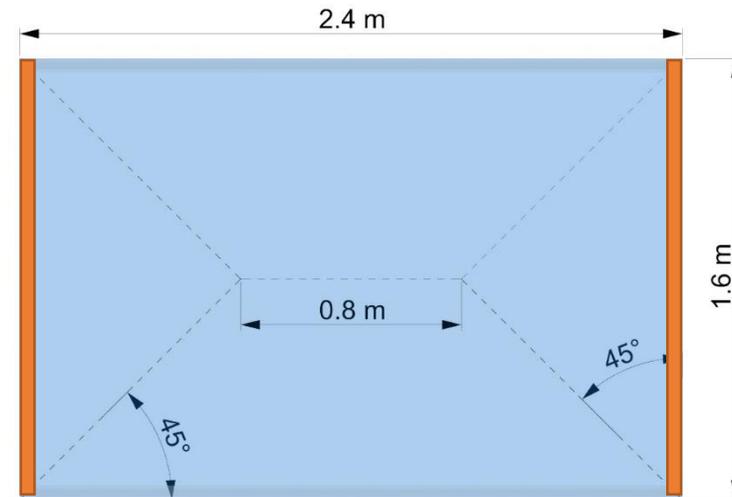
$$\hat{A}_{triángulo} = \frac{1.6 \text{ m} * 0.8 \text{ m}}{2}$$

$$\hat{A}_{triángulo} = 0.64 \text{ m}^2$$

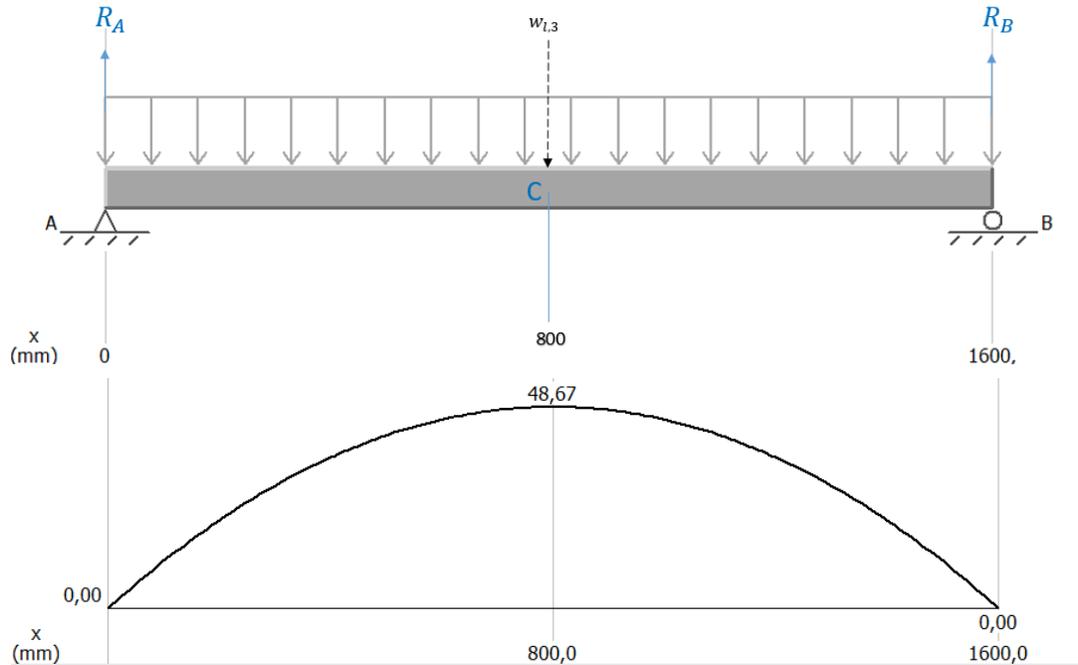
$$w_{l,3} = \frac{250.87 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 0.64 \text{ m}^2}{1.6 \text{ m}} + 3.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 1.6 \text{ m} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$w_{l,3} = 100.35 \text{ N} + 51.74 \text{ N}$$

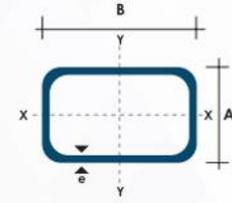
$$w_{l,3} = 152.09 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$



Viga corta de la estructura.



Tubo estructural
A-36



Dimensiones			Peso Kg/m	Área cm ²	Ejes Y-Y			Ejes X-X		
A mm	B mm	Espesor (e) mm			I cm ⁴	W cm ³	i cm	i cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57

$$S_{\min} = \frac{|M|_{\max}}{\sigma_{perm}}$$

$$S_{\min} = \frac{48,67 \text{ Nm}}{250 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 1,94 * 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$S_{\min} < S$$

$$1,94 * 10^{-7} \text{ m}^3 \left| \frac{(100\text{cm})^3}{(1\text{m})^3} \right| < 5,11 \text{ cm}^3$$

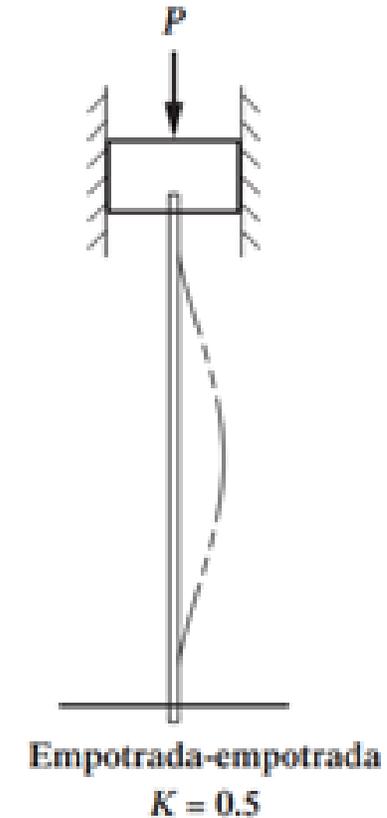
$$0,19 \text{ cm}^3 < 5,11 \text{ cm}^3$$

Carga para las columnas

$$P = \left[\frac{m_{\text{vidrio}} + m_{\text{estructura}} + m_{\text{cuero}} + m_{\text{puente}}}{4} \right] * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$P = \left[\frac{96kg + 3.3 \frac{kg}{m} * (1.6m + 2.4m) * 2 + 2.3 kg + 10.57kg}{4} \right] * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 331.41N$$



$$K = 0.65$$

Peso admisible en columna corta

Radio de giro de la sección transversal

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{5.66 \text{ cm}^4}{4.21 \text{ cm}^2}}$$

$$r = 1.16 \text{ cm} \left| \frac{1m}{100cm} \right|$$

$$r = 0.0116m$$

Relación de esbeltez

$$\frac{KL}{r_{\min}} = \frac{0.65 * 0.67m}{0.0116m}$$

$$\frac{KL}{r_{\min}} = 37.58$$

Relación de esbeltez de transición.

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 * 200GPa}{250 MPa}}$$

$$C_c = 125.66$$

$$\frac{KL}{r_{\min}} < C_c$$

Columna corta

$$37.58 < 125.66$$

$$P_{cr} = AS_y \left[1 - \frac{S_y \left(\frac{KL}{r} \right)^2}{4\pi^2 E} \right]$$

Carga crítica JB Jhonson.

$$P_{cr} = 4.21 \times 10^{-4} m^2 * 250 MPa \left[1 - \frac{250 MPa \left(\frac{0.65 * 0.67 m}{0.0116 m} \right)^2}{4\pi^2 * 200 GPa} \right]$$

$$P_{cr} = 100552.87 N$$

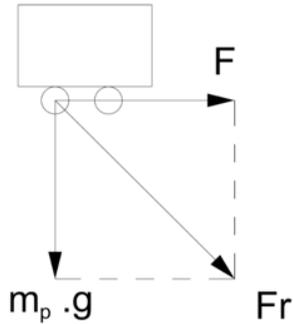
$$P_a = \frac{P_{cr}}{N}$$

$$P_a = \frac{100552.87 N}{3}$$

$$P_a = 33517.62 N$$

Carga admisible

Rodamientos



$$4\vec{F}_r = -m_p g \vec{j} + F \vec{i}$$

$$4\vec{F}_r = -m_p g \vec{j} + m_p a \vec{i}$$

$$4\vec{F}_r = -10.57 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \vec{j}$$

$$\vec{F}_r = \frac{0.116 \vec{i} - 103.586 \vec{j}}{4} \text{ N}$$

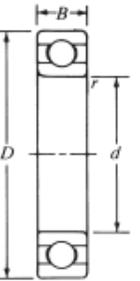
$$F_r = 25.90 \text{ N} ; -89.94^\circ$$

$$F_r = 25.90 \text{ N} ; -89.94^\circ$$

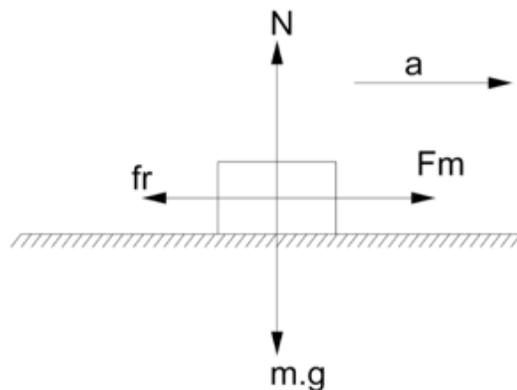
$$F_r = 5.82 \text{ lb}$$

A. Series 6200

Número de rodamiento	Dimensiones nominales del rodamiento							Diámetro de escalón preferido		Peso del rodamiento	Capacidad básica de carga estática C_o	Capacidad básica de carga dinámica C
	d		D		B		r^*	Eje	Caja			
	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	pulg	pulg	pulg			
6200	10	0.3937	30	1.1811	9	0.3543	0.024	0.500	0.984	0.07	520	885
6201	12	0.4724	32	1.2598	10	0.3937	0.024	0.578	1.063	0.08	675	1180
6202	15	0.5906	35	1.3780	11	0.4331	0.024	0.703	1.181	0.10	790	1320
6203	17	0.6693	40	1.5748	12	0.4724	0.024	0.787	1.380	0.14	1010	1660
6204	20	0.7874	47	1.8504	14	0.5512	0.039	0.969	1.614	0.23	1400	2210
6205	25	0.9843	52	2.0472	15	0.5906	0.039	1.172	1.811	0.29	1610	2430
6206	30	1.1811	62	2.4409	16	0.6299	0.039	1.406	2.205	0.44	2320	3350
6207	35	1.3780	72	2.8346	17	0.6693	0.039	1.614	2.559	0.64	3150	4450
6208	40	1.5748	80	3.1496	18	0.7087	0.039	1.811	2.874	0.82	3650	5050
6209	45	1.7717	85	3.3465	19	0.7480	0.039	2.008	3.071	0.89	4150	5650
6210	50	1.9685	90	3.5433	20	0.7874	0.039	2.205	3.268	1.02	4650	6050
6211	55	2.1654	100	3.9370	21	0.8268	0.059	2.441	3.602	1.36	5850	7500
6212	60	2.3622	110	4.3307	22	0.8661	0.059	2.717	3.996	1.73	7250	9050
6213	65	2.5591	120	4.7244	23	0.9055	0.059	2.913	4.390	2.18	8000	9900
6214	70	2.7559	125	4.9213	24	0.9449	0.059	3.110	4.587	2.31	8800	10 800
6215	75	2.9528	130	5.1181	25	0.9843	0.059	3.307	4.783	2.64	9700	11 400
6216	80	3.1496	140	5.5118	26	1.0236	0.079	3.504	5.118	3.09	10 500	12 600
6217	85	3.3465	150	5.9055	28	1.1024	0.079	3.740	5.512	3.97	12 300	14 600
6218	90	3.5433	160	6.2992	30	1.1811	0.079	3.937	5.906	4.74	14 200	16 600
6219	95	3.7402	170	6.6929	32	1.2598	0.079	4.213	6.220	5.73	16 300	18 800
6220	100	3.9370	180	7.0866	34	1.3386	0.079	4.409	6.614	6.94	18 600	21 100
6221	105	4.1339	190	7.4803	36	1.4173	0.079	4.606	7.008	8.15	20 900	23 000
6222	110	4.3307	200	7.8740	38	1.4961	0.079	4.803	7.402	9.59	23 400	24 900
6224	120	4.7244	215	8.4646	40	1.5748	0.079	5.197	7.992	11.4	26 200	26 900



Dimensionamiento de cadena



$$\sum F_y = 0$$

$$N = m_p g$$

$$\sum F_x = m_p a$$

$$F_m - f_r = m_p a$$

$$F_m - \mu_k * N = m_p a$$

$$F_m - \mu_k * m_p g = m_p a$$

$$F_m - 0.004 * 10.57 kg * 9.8 \frac{m}{s^2} = 10.57 kg * 0.011 \frac{m}{s^2}$$

$$F_m - 0.41 N = 0.12 N$$

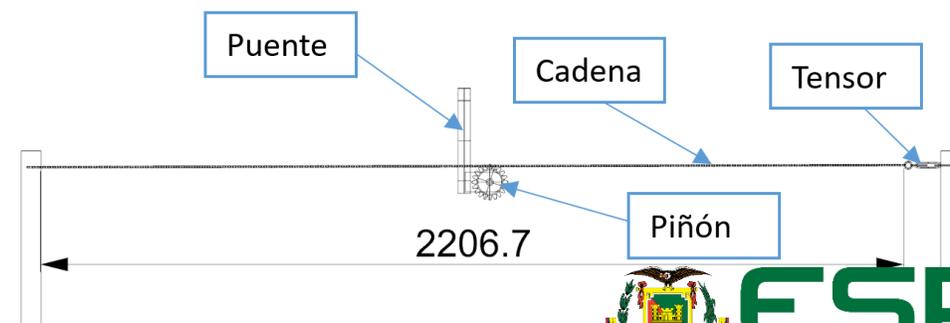
$$F_m = 0.53 N = 0.12 lbs$$

$$L = \frac{l_c}{p}$$

$$L = \frac{2.2067 m}{0.00635 m}$$

$$L = 347.51 \text{ dientes}$$

Número de ASME/ANSI	Paso	Ancho del rodillo	Diámetro del rodillo	Diámetro del pasador	Espesor de la placa de estación	C	R	K	E**	J**	Peso promedio	Promedio resistencia a la tracción	Tabla de caballos de fuerza
	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	lb/pie kg/m	lbf kN	página
25	0,250 6,35	0,125 3,18	*0,130 3,30	0,090 2,29	0,030 0,76	0,370 9,40	0,340 8,64	-	0,205 5,21	0,238 6,06	0,084 0,13	875 3,89	57.
25-2	0,250 6,35	0,125 3,18	*0,130 3,30	0,090 2,29	0,030 0,76	0,630 16,00	0,590 14,99	0,252 6,40	0,205 5,21	0,238 6,06	0,163 0,24	1,750 7,78	57.
25-3	0,250 6,35	0,125 3,18	*0,130 3,30	0,090 2,29	0,030 0,76	0,880 22,35	0,840 21,34	0,252 6,40	0,205 5,21	0,238 6,06	0,246 0,37	2625 11,68	57.
35	0,375 9,53	0,188 4,76	*200 5,08	0,141 3,58	0,050 1,27	0,560 14,22	0,500 12,70	-	0,308 7,82	0,356 9,04	0,210 0,31	2,100 9,34	58.
35-2	0,375 9,53	0,188 4,76	*200 5,08	0,141 3,58	0,050 1,27	0,960 24,38	0,900 22,86	0,399 10,13	0,308 7,82	0,356 9,04	0,450 0,67	4,200 18,68	58.
35-3	0,375 9,53	0,188 4,76	*200 5,08	0,141 3,58	0,050 1,27	1,360 34,54	1,310 33,27	0,399 10,13	0,308 7,82	0,356 9,04	0,680 1,01	6,300 28,02	58.
35-4	0,375 9,53	0,188 4,76	*200 5,08	0,141 3,58	0,050 1,27	1,760 44,70	1,700 43,18	0,399 10,13	0,308 7,82	0,356 9,04	0,910 1,35	8,400 37,37	58.
35-5	0,375 9,53	0,188 4,76	*200 5,08	0,141 3,58	0,050 1,27	2,160 54,86	2,110 53,59	0,399 10,13	0,308 7,82	0,356 9,04	1,140 1,70	10,500 46,71	58.
35-6	0,375 9,53	0,188 4,76	*200 5,08	0,141 3,58	0,050 1,27	2,570 65,28	2,510 63,75	0,399 10,13	0,308 7,82	0,356 9,04	1,370 2,04	12,600 56,05	58.
40	0,500 12,70	0,313 7,94	0,312 7,92	0,156 3,96	0,060 1,52	0,720 18,29	0,670 17,02	-	0,410 10,41	0,475 12,07	0,410 0,61	4,000 17,79	59.
40-2	0,500 12,70	0,313 7,94	0,312 7,92	0,156 3,96	0,060 1,52	1,290 32,77	1,240 31,50	0,566 14,38	0,410 10,41	0,475 12,07	0,800 1,19	8,000 35,59	59.
40-3	0,500 12,70	0,313 7,94	0,312 7,92	0,156 3,96	0,060 1,52	1,850 46,99	1,800 45,72	0,566 14,38	0,410 10,41	0,475 12,07	1,200 1,79	12,000 53,38	59.
40-4	0,500 12,70	0,313 7,94	0,312 7,92	0,156 3,96	0,060 1,52	2,420 61,47	2,370 60,20	0,566 14,38	0,410 10,41	0,475 12,07	1,600 2,38	16,000 71,17	59.
40-6	0,500 12,70	0,313 7,94	0,312 7,92	0,156 3,96	0,060 1,52	3,560 90,42	3,510 89,15	0,566 14,38	0,410 10,41	0,475 12,07	2,420 3,60	24,000 106,76	59.
41	0,500 12,70	0,250 6,35	0,306 7,77	0,141 3,58	0,050 1,27	0,650 16,51	0,570 14,48	-	0,310 7,87	0,383 9,73	0,260 0,39	2,400 10,68	60.
50	0,625 15,88	0,375 9,53	0,400 10,16	0,200 5,08	0,080 2,03	0,890 22,61	0,830 21,08	-	0,512 13,00	0,594 15,09	0,680 1,01	6,600 29,36	61.
50-2	0,625 15,88	0,375 9,53	0,400 10,16	0,200 5,08	0,080 2,03	1,600 40,64	1,550 39,37	0,713 18,11	0,512 13,00	0,594 15,09	1,320 1,96	13,200 58,72	61.
50-3	0,625 15,88	0,375 9,53	0,400 10,16	0,200 5,08	0,080 2,03	2,310 58,67	2,260 57,40	0,713 18,11	0,512 13,00	0,594 15,09	1,980 2,95	19,800 88,07	61.
50-4	0,625 15,88	0,375 9,53	0,400 10,16	0,200 5,08	0,080 2,03	3,030 76,96	2,970 75,44	0,713 18,11	0,512 13,00	0,594 15,09	2,640 3,93	26,400 117,43	61.
50-5	0,625 15,88	0,375 9,53	0,400 10,16	0,200 5,08	0,080 2,03	3,750 95,25	3,690 93,73	0,713 18,11	0,512 13,00	0,594 15,09	3,300 4,91	33,000 146,79	61.
50-6	0,625 15,88	0,375 9,53	0,400 10,16	0,200 5,08	0,080 2,03	4,460 113,28	4,400 111,76	0,713 18,11	0,512 13,00	0,594 15,09	3,960 5,89	39,600 176,15	61.



Dimensionamiento de piñón

- Se parte de un diámetro de 69.85 mm para para los requerimientos de cuantificación de la velocidad y torque. Por lo que se calcula el número de dientes según el paso de la cadena

$$D_p = Np$$

$$N = \frac{D_p}{p}$$

$$N = \frac{69.85 \text{ mm}}{6.35 \text{ mm}}$$

$$N = 11 \text{ dientes}$$

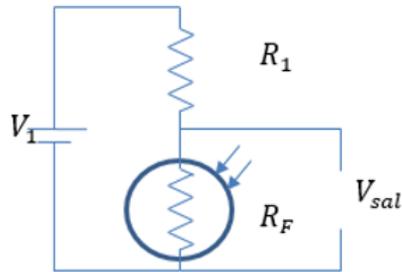
Donde:

N es el número de dientes del piñón.

D_p es el diámetro primitivo.

p es el paso del piñón.

Acondicionamiento de 68 fotorresistencias



$$V_1 = 5 V$$

$$V_{sal,ON} = 3.3 V$$

$$R_1 = ?$$

$$R_{F,ON} = 20 k\Omega$$

$$V_{sal,ON} = V_1 \frac{R_{F,ON}}{R_1 + R_{F,ON}}$$

$$R_1 = \frac{V_1 R_{F,ON}}{V_{sal,ON}} - R_{F,ON}$$

$$R_1 = \frac{5 V * 20 k\Omega}{3.3 V} - 20 k\Omega$$

$$R_1 = 10.30 k\Omega$$

$$V_1 = 5 V$$

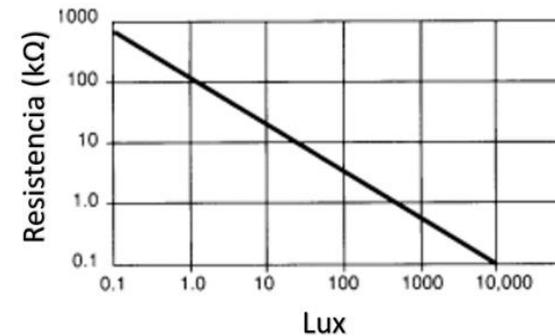
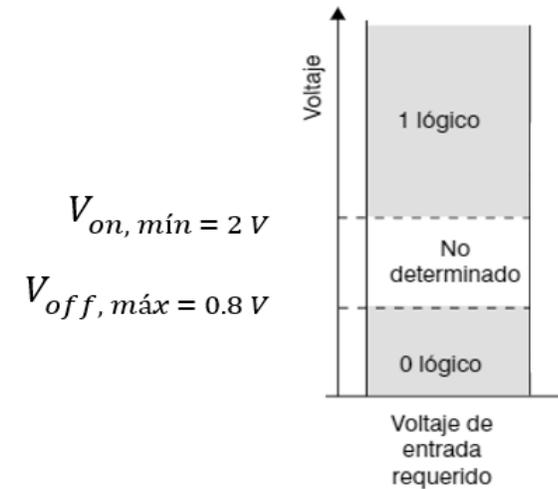
$$R_1 = 10 k\Omega$$

$$R_{F,OFF} = 1.5 k\Omega$$

$$V_{sal} = V_1 \frac{R_{F,OFF}}{R_1 + R_{F,OFF}}$$

$$V_{sal} = \frac{5 V * 1.5 k\Omega}{1.5 k\Omega + 10 k\Omega}$$

$$V_{sal} = 0.65 V$$



Acondicionamiento de diodos LED

$$V_1 = 5 V$$

$$V_L = 3 V$$

$$V_{R2} = V_1 - V_L$$

$$V_{R2} = 5 V - 3 V$$

$$V_{R2} = 2 V$$

$$I_{R2} = I_{L,máx} * 68$$

$$I_{R2} = 20 mA * 68$$

$$I_{R2} = 1.36 A$$

$$R_2 = \frac{V_{R2}}{I_{R2}}$$

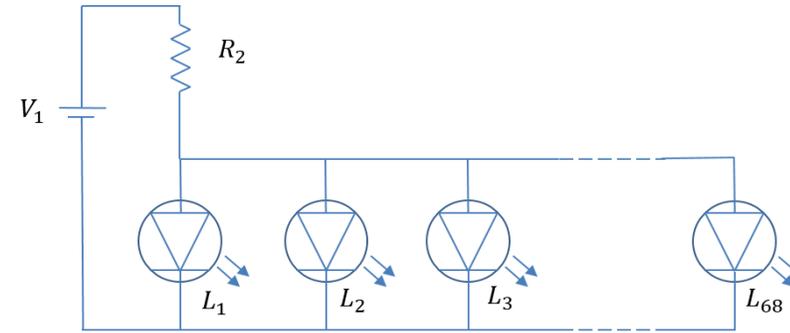
$$R_2 = \frac{2 V}{1.36 A}$$

$$R_2 = 1.47 \Omega$$

$$P_{R2} = I_{R2}^2 * R_2$$

$$P_{R2} = 1.36 A^2 * 1.5 \Omega$$

$$P_{R2} = 2.77 W$$



Voltaje de umbral de diodos LED de diferentes colores

Color	Tensión Umbral (Voltios)
Rojo	1,63 – 2,03
Amarillo	2,1 – 2,18
Naranja	2,03 – 2,1
Azul	2,48 – 3,7
Verde	1,9 – 4
Violeta	2,76 – 4
Ultravioleta	3,1 – 4,4
Blanco	3,2 – 3,6

Motor eléctrico

$$T = F_m R_p$$

$$T = 0.53 \text{ N} * 0.035 \text{ m}$$

$$T = 0.019 \text{ Nm}$$

$$\omega_m = \frac{V_f}{R_p}$$

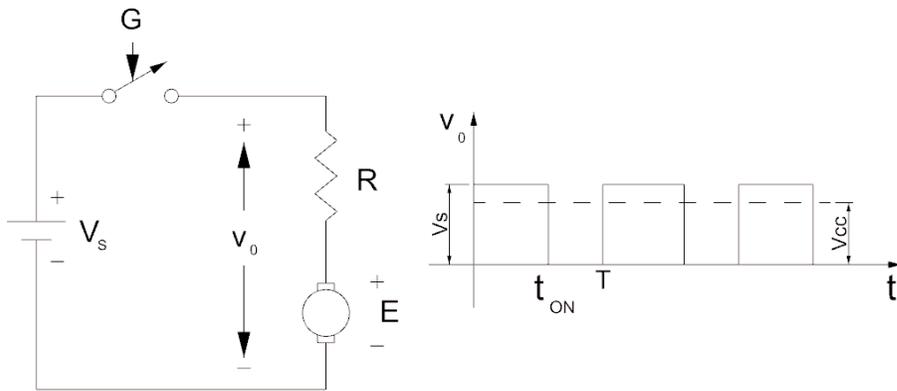
$$\omega_m = \frac{0.11 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.035 \text{ m}}$$

$$\omega_m = 3.14 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \left| \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right| \left| \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \right|$$

$$n = 29.98 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Accionamiento eléctrico.

- El motor de corriente directa con imanes permanentes es de 24 V, 70 r.p.m., 140 mA, torque nominal de 0.0196 Nm y con una resistencia de inducido $R_i = 115 \Omega$. Se selecciona un chopper con capacidad para soportar el voltaje y la corriente



$$\frac{T_n}{T} = \frac{k_T \Phi I_n}{k_T \Phi I_i}$$

$$\frac{0.0196 \text{ Nm}}{0.019 \text{ Nm}} = \frac{140 \text{ mA}}{I_i}$$

$$I_i = 135.71 \text{ mA}$$

$$\frac{E_n}{E} = \frac{k_E \Phi n_n}{k_E \Phi n}$$

$$\frac{8.9 \text{ V}}{E} = \frac{70 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}{29.98 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}$$

$$E = 3.81 \text{ V}$$

$$E = kV_s - R_i I_i$$

$$3.81 \text{ V} = k * 25 \text{ V} - 115 \Omega * 121.43 \text{ mA}$$

Ciclo de trabajo

$$k = 0.71$$

PROTOTIPO

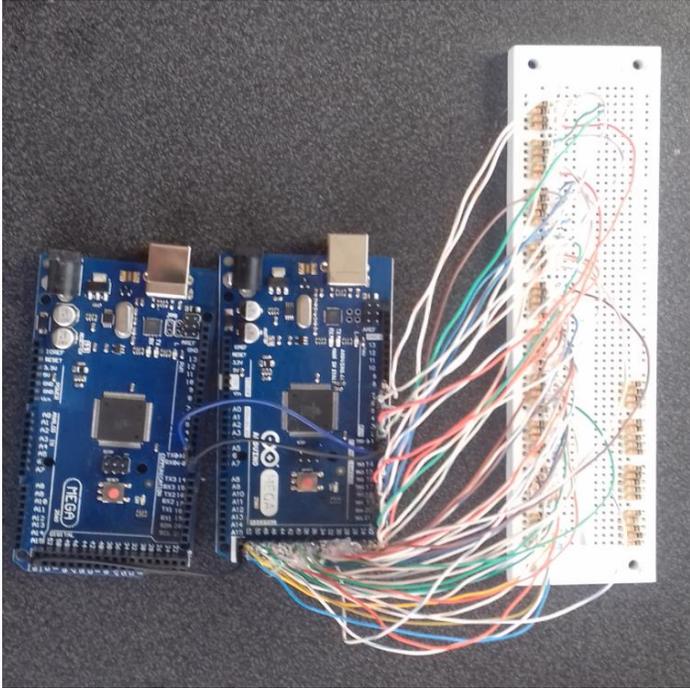
- Estructura



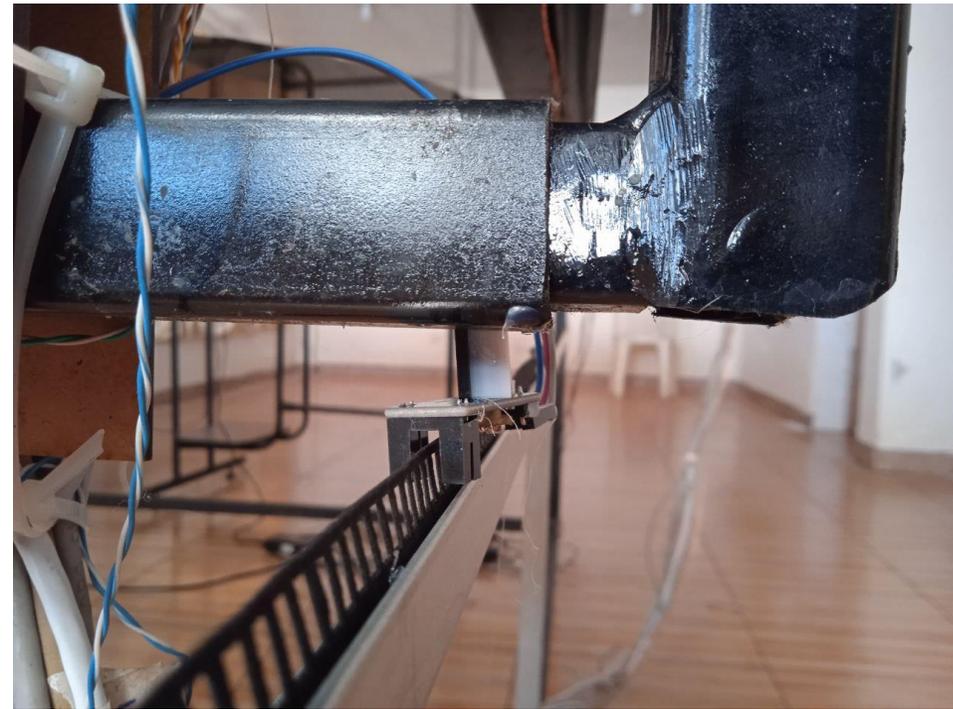
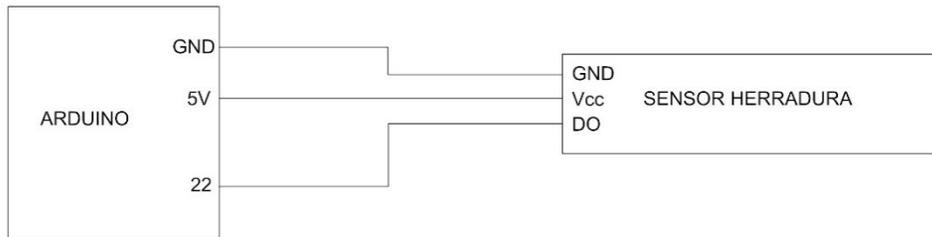
Piñón-cadena.



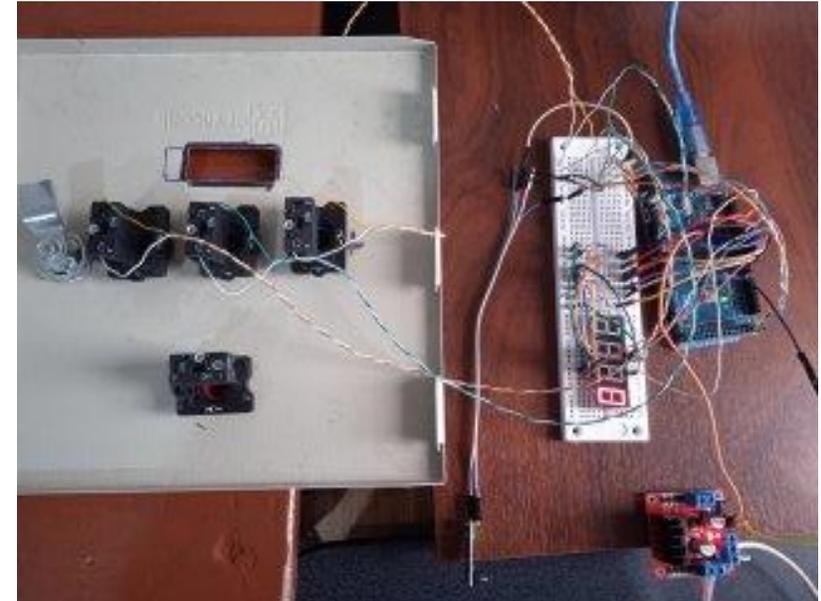
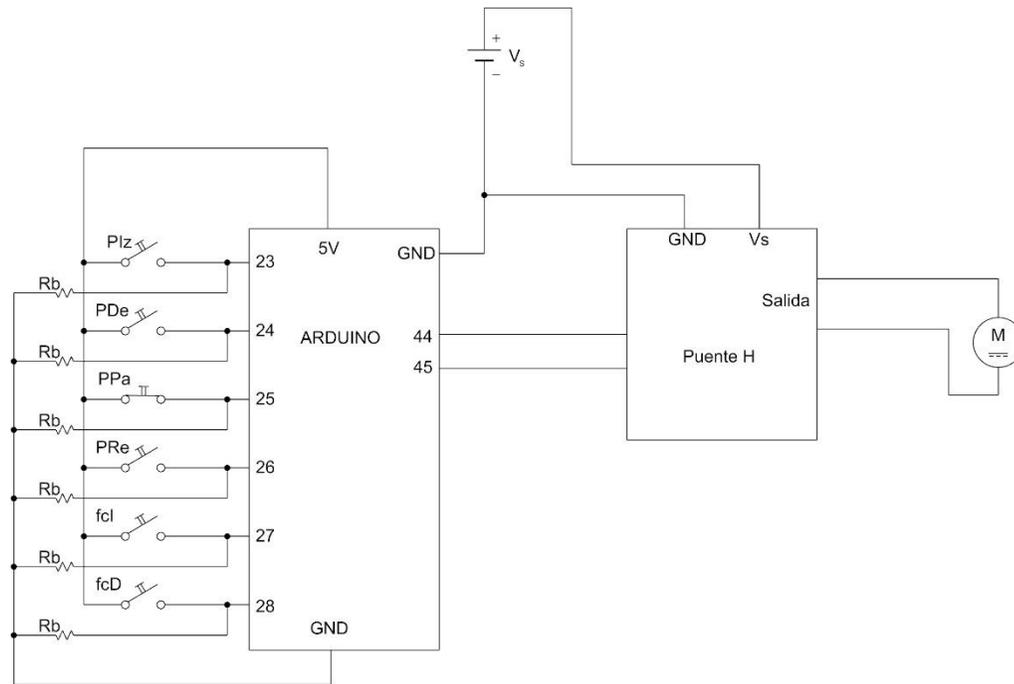
Sensores



Sensor herradura



Puente H, pulsadores y display de 7 segmentos de 4 dígitos.



Tablero de control

- Mover a la izquierda
- Mover a la derecha
- Reiniciar el conteo
- Detener el movimiento



Calibración

- Sumatoria cada vez que se active el sensor herradura

$$dm2 = N_{\text{sensores activados}} * \text{distancia ancho} * \text{distancia largo}$$

$$\text{distancia largo} = 0,050dm$$

$$\text{distancia ancho} = 0,217dm$$

Medición
de patrón
circular y
cuero.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis de resultados

- De la norma CUERO. MEDICIÓN DE LA SUPERFICIE (NTE INEN-ISO 11646), se usa un disco como patrón circular que tiene 74 cm de diámetro cuya área es de 43.01 dm²
- Si el patrón circular tiene menos área se deben realizar varias mediciones de este patrón sin reiniciar el conteo hasta llegar al ± 50 % de la superficie de la pieza que se va a medir.

	medición absoluta[dm2]	medición relativa[dm2]	valor real [dm2]	error
medición A	44	44	43,01	0,023
medición B	85	41	43,01	-0,047
medición C	129	44	43,01	0,023
Total		129	129,03	0,000

Análisis económico

Detalle	Costo
Tubo cuadrado	\$ 35,00
Tubo rectangular	\$ 160,00
Cadenas y piñón	\$ 15,00
Sensores	\$ 20,40
diodos led	\$ 3,40
sensor herradura	\$ 3,50
Arduinos	\$ 40,00
conductores	\$ 12,00
Motor	\$ 12,00
rodamientos	\$ 8,00
Puente H	\$ 4,00
Vidrio	\$ 280,00
Construcción	\$ 300,00
Diseño	\$ 450,00
Corte laser	\$ 40,00
Total	\$ 1.383,30

$$4 * 20 * (t_{máquina} * (costo_{hora_{hombre}} + costo_{hora_{máquina}})) + costo_{mantenimiento}$$

$$4 * 20 * \left(0.016 \text{ horas} * \left(3.44 \frac{\text{dólares}}{\text{hora}} + 0.105 \frac{\text{dólares}}{\text{KW hora}} * 0.0127 \text{ KW} \right) \right) + 3.33 \text{ dólares}$$

$$costo \text{ mensual mediciones máquina} = 6.62 \frac{\text{dólares}}{\text{mes}}$$

$$4 * 20 * (t_{manual} * costo_{hombre} + 1 \text{ dólar})$$

$$4 * 20 * \left(0.25 \text{ horas} * 3.44 \frac{\text{dólares}}{\text{hora}} + 1 \text{ dólar} \right)$$

$$costo \text{ mensual de mediciones manuales} = 148.8 \frac{\text{dólares}}{\text{mes}}$$

$$meses = \frac{costo \text{ de la máquina}}{costo \text{ mensual de mediciones manuales} - costo \text{ mensual mediciones máquina}}$$

$$meses = \frac{1383.30 \text{ dólares}}{148.80 \frac{\text{dólares}}{\text{mes}} - 6.62 \frac{\text{dólares}}{\text{mes}}}$$

$$meses = 9.73$$

Conclusiones.

- Se determinó los lineamientos teóricos y condiciones del usuario para realizar la medición del cuero en la empresa calzado Javier, los cuales permitieron realizar el prototipo de la máquina medidora de superficies.
- El espesor de 10 mm del vidrio templado es suficiente para usarlo como tablero de la máquina medidora de superficies.
- El sistema de piñón-cadena usado en este proyecto genera la transmisión necesaria para mover el puente de sensores.
- Se necesitan 68 sensores en fila con una separación de 0.0217 m y realizando un sensado cada 5 milímetros para obtener un error menor al 5% usando el patrón circular establecido en la norma CUERO. MEDICIÓN DE LA SUPERFICIE (NTE INEN-ISO 11646).
- Las vigas y columnas de la estructura cumplen con los requerimientos de resistencia para soportar la carga de los diferentes elementos de la máquina.
- La inversión de la máquina se recupera en menos de 10 meses lo que lo hace económicamente factible.

Recomendaciones.

- Aumentar la cantidad de sensores para obtener un menor rango de error en la medición.
- Realizar pruebas destructivas al vidrio templado para conocer la resistencia máxima a la cuál llega al punto de falla.
- Obtener un método informático para el registro del contorno del cuero para un posible preproceso de corte automático.
- Optimizar el peso de la estructura metálica con el objetivo de reducir costos.
- Se recomienda realizar un control de la correcta medición usando el patrón circular según la norma CUERO. MEDICIÓN DE LA SUPERFICIE (NTE INEN-ISO 11646).
- Proporcionar una fuente de luz con mayor cantidad de lúmenes y reacondicionar las fotorresistencias para condiciones de poca luz como es el caso de realizar las mediciones en la noche.

Gracias