



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ARTICULADO DE  
EXTRACCIÓN LOCALIZADA DE HUMOS DE SOLDADURA EN LA CELDA  
ROBOTIZADA CON BRAZO KUKA KR5 – ARC DEL LABORATORIO DE  
ROBÓTICA INDUSTRIAL DE LA ESPE – L**

**AUTORES: CALVOPIÑA TERÁN, CARLOS DAVID  
TITUAÑA CÁRDENAS, DARÍO XAVIER**

**DIRECTOR: ING. SINGAÑA AMAGUAÑA, MARCO ADOLFO**

**LATACUNGA, MARZO 2021**



**INTRODUCCIÓN**

**OBJETIVOS**

**MARCO TEÓRICO**

**DISEÑO DE SISTEMAS**

**IMPLEMENTACIÓN DE  
SISTEMAS**

**PRUEBAS Y RESULTADOS**

**CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**

**VIDEO DEMOSTRATIVO**



El proceso de soldadura robotizada MIG/MAG produce algunos contaminantes en función del material a soldar, material de aporte, recubrimientos de piezas metálicas comprometiendo así el ambiente de trabajo y la salud de los operarios.

Al realizar un levantamiento de línea base de la celda robotizada de soldadura del Laboratorio de Robótica Industrial, se determinó la presencia de dos contaminantes principales. Fosfina, con una concentración promedio de 0.39 ppm y Monóxido de carbono en una concentración promedio de 9.53 ppm, valores que en conjunto superan el límite recomendado.

Entonces, se lleva a cabo el diseño de un extractor de humos acorde a manuales, normas y especificaciones técnicas; se utiliza software de diseño CAD/CAE y simulaciones de flujo para evaluar el comportamiento de todos los elementos previo a su construcción e implementación en la celda robotizada para una nueva evaluación.



Diseñar e implementar un sistema articulado de extracción localizada de humos de soldadura en la celda robotizada con brazo KUKA KR5 – ARC del Laboratorio de Robótica Industrial de la ESPE – L



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Levantar la línea base sobre la composición de humos de soldadura en el Laboratorio de Robótica Industrial.

Determinar los requerimientos operativos, técnicos y de control necesarios para el sistema de extracción de humos.

Diseñar un mecanismo de articulaciones óptimo del sistema de extracción de gases con un alcance no mayor al del brazo robótico.

Desarrollar una aplicación de soldadura industrial robotizada, implementando un sistema de Jigs de soldadura, para incrementar el volumen de trabajo del brazo robótico.

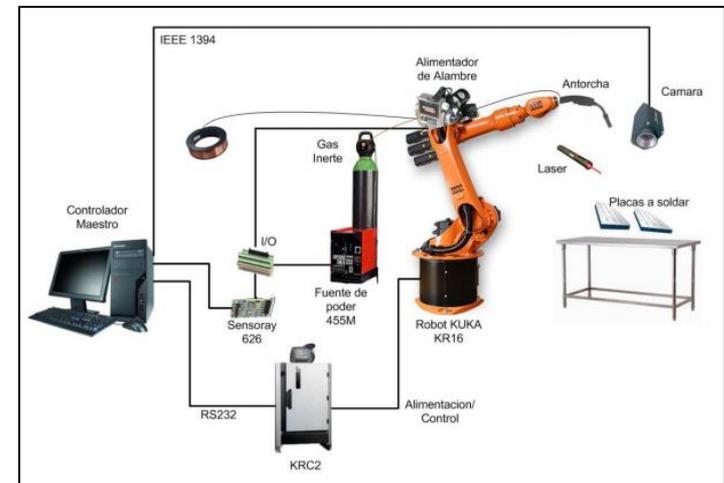
Diseñar e implementar dos sistemas didácticos, de sujeción neumática para el desarrollo de prácticas de soldadura.

Evaluar el ambiente de trabajo para validar la efectividad del sistema y demás componentes implementados en la celda de soldadura.



- **Robótica Industrial**  
Automatización, industria
- **Brazo Robótico Industrial**  
Manipulador multifuncional
- **Aplicaciones**  
Soldadura, pintura, paletizado...

- **Celdas Robotizadas**  
Conjunto de componentes electromecánicos.  
  
Celdas Robotizadas de Soldadura



- **Soldadura**  
Proceso de unión, produce coalescencia de materiales.
- **Proceso GMAW (MIG/MAG)**  
Soldadura de gas y arco metálico.
- **Soldadura robotizada GMAW**



- **Jigs de soldadura**  
Soporte, matriz, plantilla  
  
Ensamble, unión, estandarización de piezas, estructuras.  
  
Sujeción mecánica, neumática, hidráulica.



- **Humos de soldadura**

Mezcla de partículas y gases

Calentamiento excesivo de metales

Recubrimientos superficiales (pinturas, tratamientos)



- **Sistemas de extracción de humos**

Boca / campana de aspiración

Sistema de ductos

Ventilador

Elementos de limpieza de aire

Descarga



## Levantamiento de Línea Base

### FOSFINA

CÁLCULOS (TLV TWA=0.05 ppm)	
Ci (ppm)	0.39
C8 (ppm)	0.14
D	<b>2.95</b>

FUENTE: HES

### MONÓXIDO DE CARBONO

CÁLCULOS (TLV TWA=35 ppm)	
Ci (ppm)	9,53
C8 (ppm)	3,56
D	<b>0,101</b>

FUENTE: HES

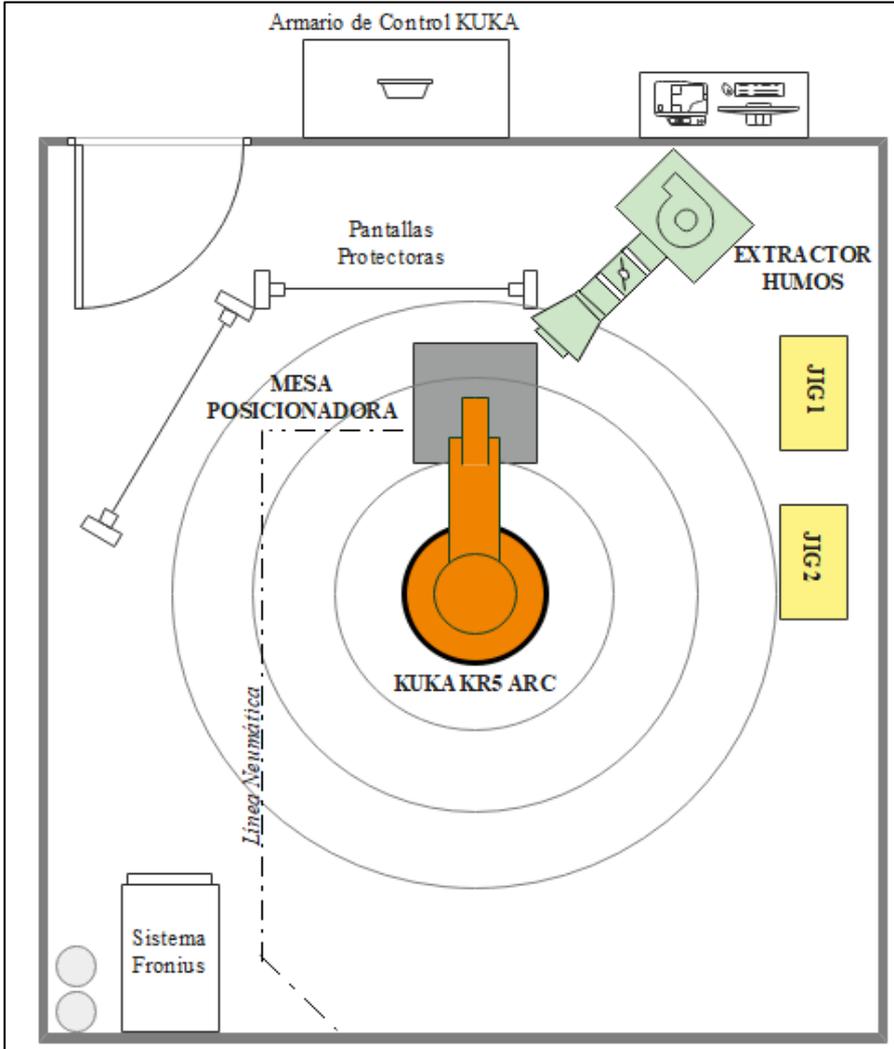
### DOSIS TOTAL

Puesto	Dosis FOSFINA (PH3)	Dosis SULFURO DE HIDROGENO (H2S)	Dosis MONOXIDO DE CARBONO (CO)	Dosis Total
<i>Soldadura</i>	2.95	0.00	0.10	<b>3.05</b>

FUENTE: HES



## LAYOUT Celda Robotizada



## Campana de aspiración.- Diseño CAD

**Table 1 Range of Capture (Control) Velocities**

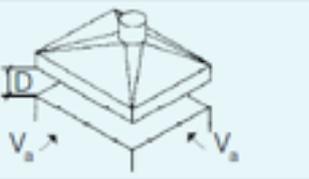
Condition of Contaminant Dispersion	Examples	Capture Velocity, m/s
Released with essentially no velocity into still air	Evaporation from tanks, degreasing, plating	0.25 to 0.5
Released at low velocity into moderately still air	Container filling, low-speed conveyor transfers, welding	0.5 to 1.0
Active generation into zone of rapid air motion	Barrel filling, chute loading of conveyors, crushing, cool shakeout	1.0 to 2.5
Released at high velocity into zone of very rapid air motion	Grinding, abrasive blasting, tumbling, hot shakeout	2.5 to 10

**EXTRACCIÓN LOCALIZADA PORTÁTIL PARA SOLDADURA**

**CAMPANA MÓVIL**

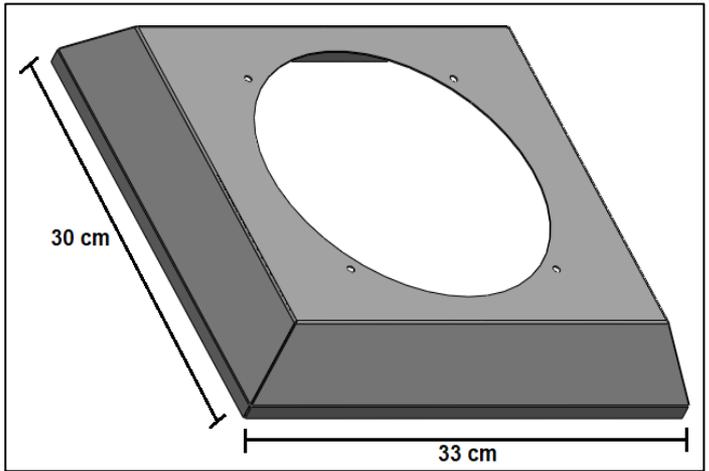
X, mm	Conducto simple	Con pestaña o pieza cónica
	m³/s	m³/s
Hasta 150	0,16	0,12
150-225	0,35	0,26
225-300	0,63	0,47

- Velocidad en la cara abierta = 7,5 m/s
- Velocidad en conducto = 15 m/s
- Pérdida en la entrada conducto simple = 0,93 PD<sub>conducto</sub>
- Pérdida en la entrada con pantalla o cono = 0,25 PD<sub>conducto</sub>

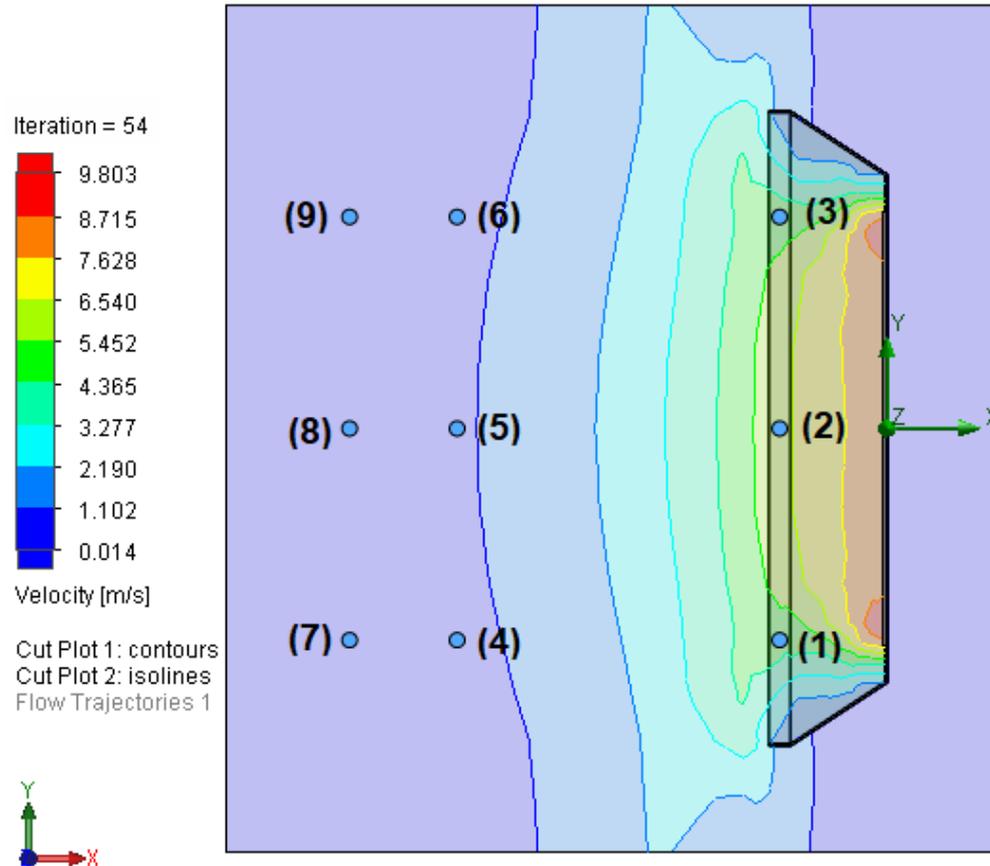
	CAMPANA	De acuerdo a la función	$Q = 5000 V_s PD$ $P = \text{Perimetro [m]}$
--	---------	-------------------------	---

d, H, L [m]; V [m/s]; \* = Punto contaminación; Q [m³/h]

Fig. 14



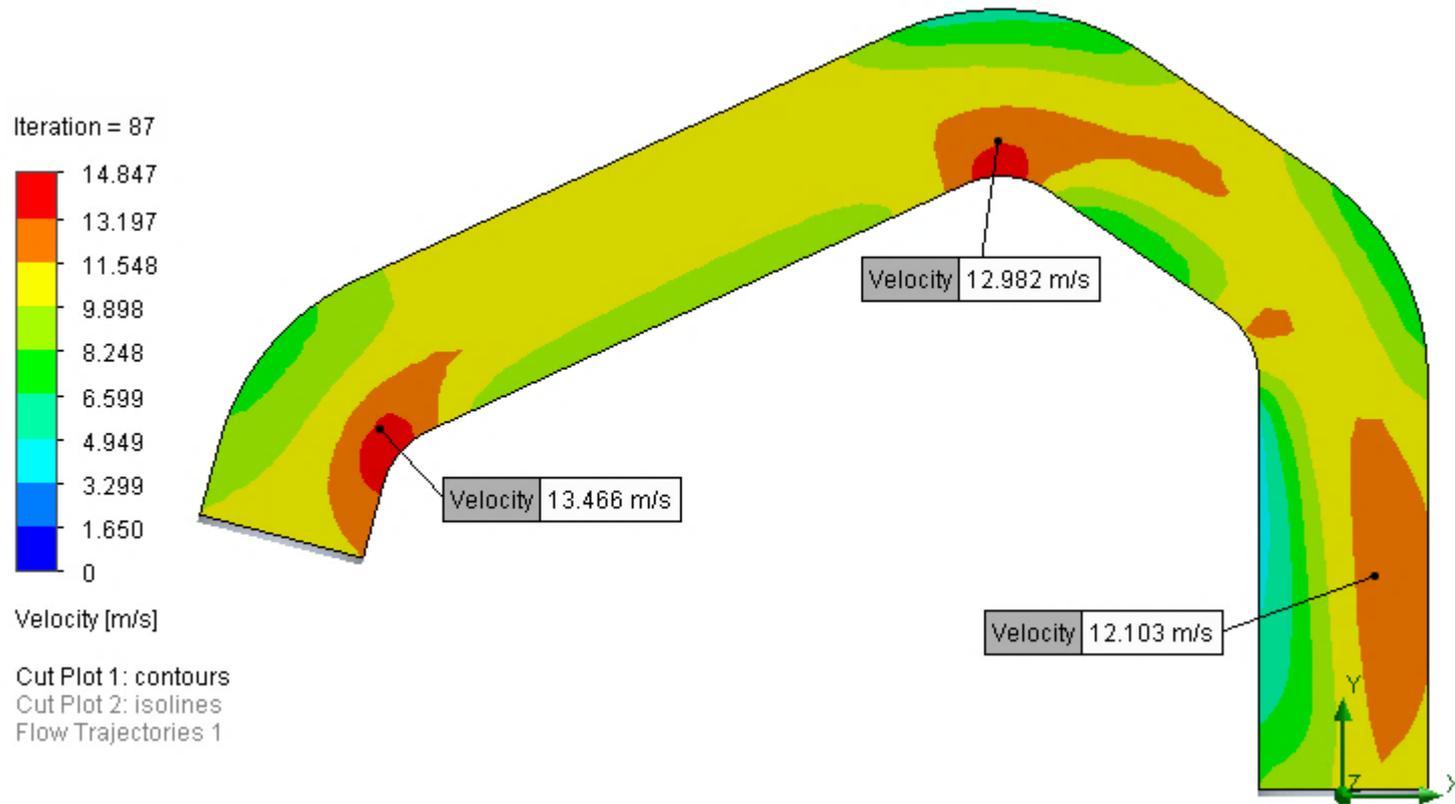
## Campana de aspiración.- Análisis de Flujo (Solidworks Flow Simulation)



N°	X [m]	Y [m]	Z [m]	Velocity [m/s]
1	-0,05	-0,1	0	1,479
2	-0,05	0	0	6,108
3	-0,05	0,1	0	1,358
4	-0,2	-0,1	0	0,836
5	-0,2	0	0	0,970
6	-0,2	0,1	0	0,836
7	-0,25	-0,1	0	0,463
8	-0,25	0	0	0,522
9	-0,25	0,1	0	0,464



## Ducto de aspiración.- Análisis de Flujo



***Diámetro: 200 mm (8 pulgadas)***



## Sistema de Filtración.- Pre filtro de aluminio



MODELO 2FML						
1"			2"			
Medida Solicitada(")	Medida Real (")	300 FPM	Medida Real (")	300 FPM	500 FPM	RF RECOMENDADA
	L X A X E	CFM	L X A X E	CFM	CFM	
10 X 10	9 3/4 X 9 3/4 X 3/4	208	9 3/4 X 9 3/4 X 3/4	208	347	0.5" C.A.
10 X 20	9 3/4 X 19 3/4 X 3/4	417	9 3/4 X 19 3/4 X 3/4	417	694	0.5" C.A.
12 X 20	11 3/4 X 19 3/4 X 3/4	500	11 3/4 X 19 3/4 X 3/4	500	833	0.5" C.A.
12 X 24	11 3/4 X 23 3/4 X 3/4	600	11 3/4 X 23 3/4 X 3/4	600	1000	0.5" C.A.
14 X 20	13 3/4 X 19 3/4 X 3/4	583	13 3/4 X 19 3/4 X 3/4	583	972	0.5" C.A.
14 X 25	13 3/4 X 24 3/4 X 3/4	729	13 3/4 X 24 3/4 X 3/4	729	1215	0.5" C.A.
14 X 30	13 3/4 X 29 3/4 X 3/4	875	13 3/4 X 29 3/4 X 3/4	875	1458	0.5" C.A.
16 X 20	15 3/4 X 19 3/4 X 3/4	667	15 3/4 X 19 3/4 X 3/4	667	1111	0.5" C.A.
16 X 24	15 3/4 X 23 3/4 X 3/4	800	15 3/4 X 23 3/4 X 3/4	800	1333	0.5" C.A.
16 X 25	15 3/4 X 24 3/4 X 3/4	833	15 3/4 X 24 3/4 X 3/4	833	1389	0.5" C.A.
18 X 24	17 3/4 X 23 3/4 X 3/4	900	17 3/4 X 23 3/4 X 3/4	900	1500	0.5" C.A.
20 X 20	19 3/4 X 19 3/4 X 3/4	833	19 3/4 X 19 3/4 X 3/4	833	1389	0.5" C.A.

**Dimensiones: 20 x 20 x 2 pulgadas**



## Sistema de Filtración.- Filtro Principal MERV 13

### Performance Data

Filter	Pleats Per Linear Foot	Rated Initial Resistance (in. w.g.)		Recommended Final Resistance (in. w.g.)	ASHRAE 52.2 MERV	Continuous Operating Temperature Limits
		300 FPM	500 FPM			
1" PREpleat M13	15	0.25	–	1.0	13	180°F (82°C)
2" PREpleat M13	15	0.16	0.30	1.0	13	180°F (82°C)
4" PREpleat M13	9	0.10	0.20	1.0	13	180°F (82°C)



### Product Information – Standard Sizes

Nominal Sizes (Inches) (W x H x D)	Actual Sizes (Inches) (W x H x D)	Rated Airflow (SCFM)			Pleats Per Filter	Gross Media Area (sq. ft.)
		300 FPM	500 FPM	625 FPM		
10 x 20 x 2	9½ x 19½ x 1¾	400	700	850	12	6.1
12 x 20 x 2	11½ x 19½ x 1¾	500	850	1050	14	7.3
12 x 24 x 2	11¾ x 23¾ x 1¾	600	1000	1250	14	8.8
14 x 20 x 2	13½ x 19½ x 1¾	600	950	1150	17	8.5
14 x 25 x 2	13½ x 24½ x 1¾	750	1200	1500	17	10.6
15 x 20 x 2	14½ x 19½ x 1¾	650	1050	1300	18	9.1
16 x 20 x 2	15½ x 19½ x 1¾	650	1100	1400	19	9.7
16 x 24 x 2	15½ x 23¾ x 1¾	800	1350	1650	19	11.2
16 x 25 x 2	15½ x 24½ x 1¾	850	1400	1750	19	12.2
18 x 20 x 2	17½ x 19½ x 1¾	750	1250	1500	22	10.9
18 x 24 x 2	17½ x 23¾ x 1¾	900	1500	1875	22	13.1
18 x 25 x 2	17½ x 24½ x 1¾	950	1550	1950	22	13.7
20 x 20 x 2	19½ x 19½ x 1¾	850	1400	1750	24	12.2
20 x 24 x 2	19½ x 23¾ x 1¾	1000	1650	2100	24	14.6
20 x 25 x 2	19½ x 24½ x 1¾	1050	1750	2150	24	15.2
24 x 24 x 2	23¾ x 23¾ x 1¾	1200	2000	2500	29	17.5
25 x 25 x 2	24¾ x 24½ x 1¾	1300	2150	2700	31	19.0

Eficiencia:

60% a 80%	F6	EU6	MERV 11
			MERV 12
80% a 90%	F7	EU7	MERV 13
90% a 95%	F8	EU8	MERV 14



## Pérdida de Carga del sistema

Pérdida de presión debido al rozamiento y accidentes durante el trayecto del flujo.

Sumatoria de las pérdidas de carga de los diferentes componentes del sistema: campana, tramos rectos, codos, pre filtro, filtro MERV.

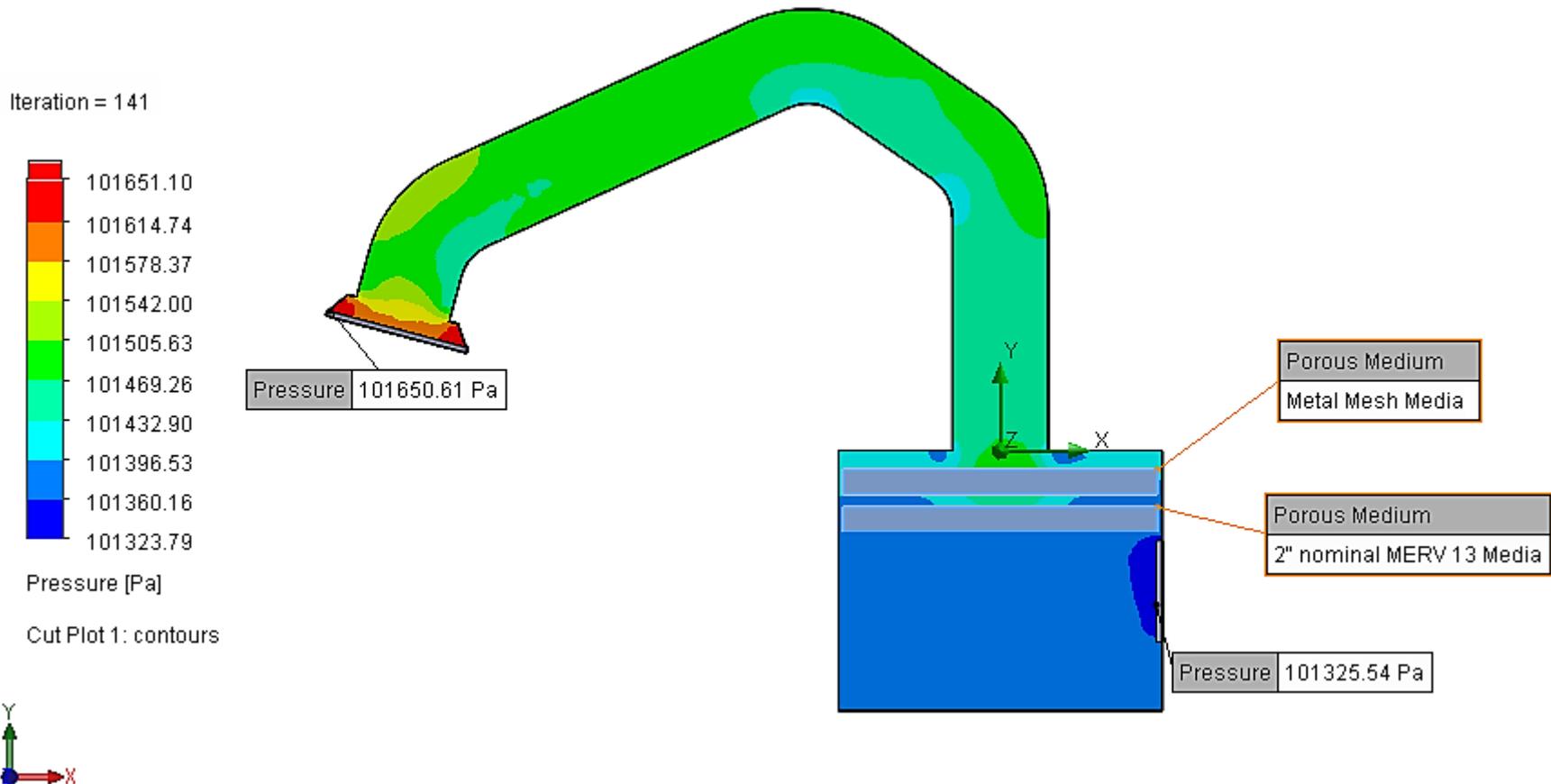
$$\Delta P_{TOTAL} = \sum \Delta P$$

$$\Delta P_{TOTAL} = (3,446 + 2,687 + 15,44 + 2,032 + 7,62) \text{ mm c. d. a}$$

$$\Delta P_{TOTAL} = 31,225 \text{ mm c. d. a.}$$



## Pérdida de Carga del sistema.- Simulación



$$\Delta P_{TOTAL} = 327,31 Pa = 33,395 mm c. d. a.$$



## Ventilador

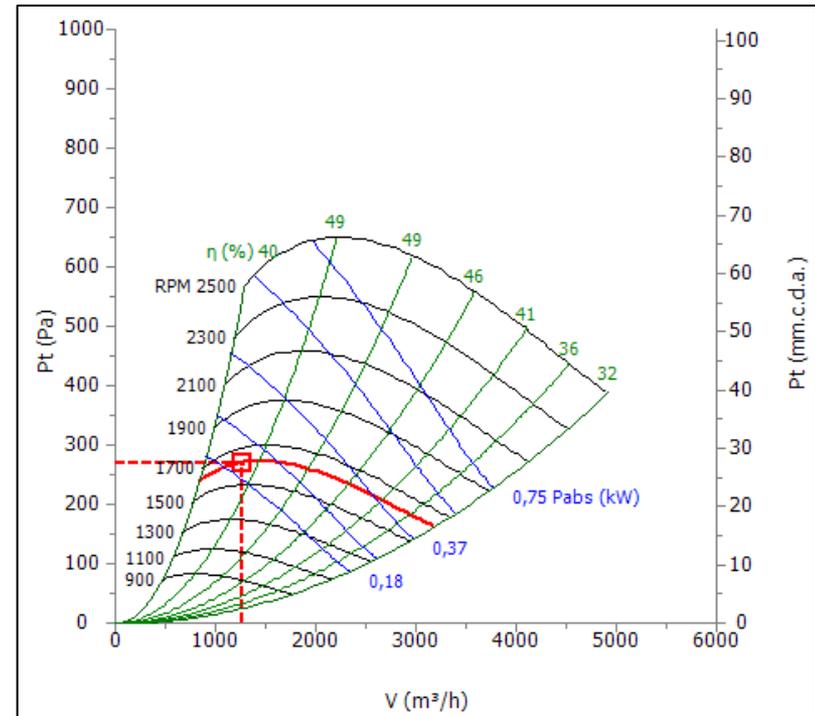


### Punto de trabajo requerido

Caudal (V)	750 cfm
Presión estática ( $P_{st}$ )	1 In H <sub>2</sub> O
Temperatura (t)	20 °C
Altitud (h)	2750 m
Densidad ( $\rho$ )	0,86 Kg/m <sup>3</sup>

### Punto de funcionamiento

<b>Modelo seleccionado</b>	<b>TDA 7/7 L</b>	
Caudal (V)	750 cfm	
Presión estática ( $P_{st}$ )	1 In H <sub>2</sub> O	
Presión dinámica ( $P_d$ )	0,09 In H <sub>2</sub> O	
Presión total ( $P_t$ )	1,09 In H <sub>2</sub> O	
RPM (n)	1623 min <sup>-1</sup>	
Velocidad tangencial (u)	16,8 m/s	
Velocidad de descarga (c)	7,3 m/s	
Rendimiento ( $\eta$ )	47 %	
Potencia absorbida ( $P_{abs}$ )	0,21 kW	
Potencia motor mínima ( $P_{motmin}$ )	0,25 kW	
Potencia específica (SFP)	1140 W/(m <sup>3</sup> /s)	
<b>Motor recomendado</b>	<b>kW</b>	<b>CV</b>
Potencia Motor ( $P_{mot}$ )	0,25	1/3



## Motor Impulsor



Carcasa 63 a 132

### W22 - IE2 High Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I/I <sub>n</sub>	Par con rotor trabado Tl/Tn	Par máximo Tb/Tn	Momento de Inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	220 V							
								Caliente	Frio			RPM	% de la potencia nominal			Corriente nominal I <sub>n</sub> (A)			
KW	HP	Rendimiento			Factor de potencia														
		50			75			100											
IV Polos																			
0,12	0,16	63	0,068	4,6	2,5	3,1	0,0004	37	81	6,2	48	1715	53,0	60,0	64,0	0,44	0,55	0,64	0,769
0,18	0,25	63	0,103	4,7	2,4	2,9	0,0006	30	66	7,2	48	1705	57,0	64,0	68,0	0,47	0,59	0,68	1,02
0,25	0,33	63	0,143	5,0	2,6	3	0,0007	25	55	8,2	48	1705	62,0	68,0	70,0	0,47	0,60	0,69	1,36
0,37	0,5	71	0,215	4,6	2,4	2,5	0,0007	35	77	8,0	47	1680	68,0	71,0	72,0	0,50	0,63	0,72	1,87
0,55	0,75	71	0,319	5,1	2,9	2,9	0,0008	31	68	11,5	47	1680	71,0	74,5	75,5	0,50	0,63	0,72	2,66
0,75	1	80	0,425	7,3	2,8	3	0,0029	16	35	13,5	48	1720	79,0	82,0	82,6	0,61	0,72	0,80	2,98
1,1	1,5	90S	0,612	7,5	2,2	3	0,0049	16	35	18,5	51	1750	81,0	83,5	84,0	0,57	0,70	0,78	4,40
1,5	2	90S	0,835	7,1	2,2	3	0,0049	11	24	18,5	51	1750	81,0	83,5	84,2	0,57	0,70	0,78	6,00
2,2	3	L90L	1,22	7,4	2,8	3,1	0,0077	11	24	25,0	51	1750	86,0	86,5	87,5	0,61	0,74	0,81	8,14
3	4	100L	1,70	6,7	2,8	3	0,0096	16	35	33,0	54	1720	86,4	87,2	87,5	0,61	0,74	0,81	11,1

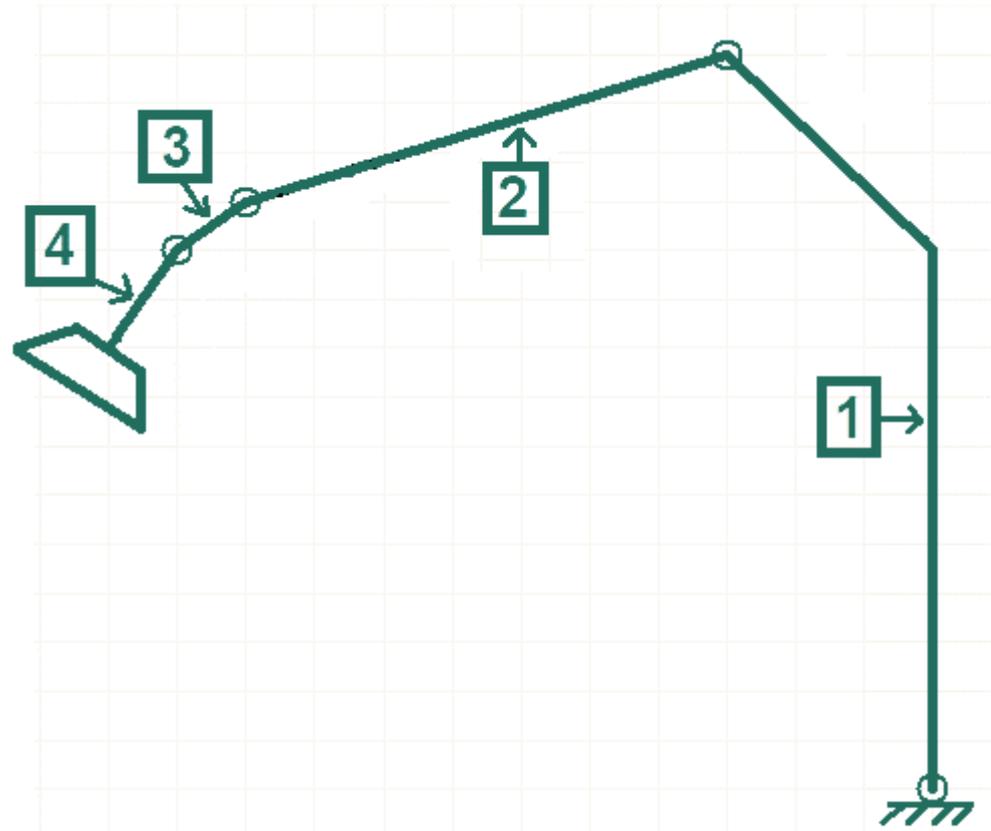




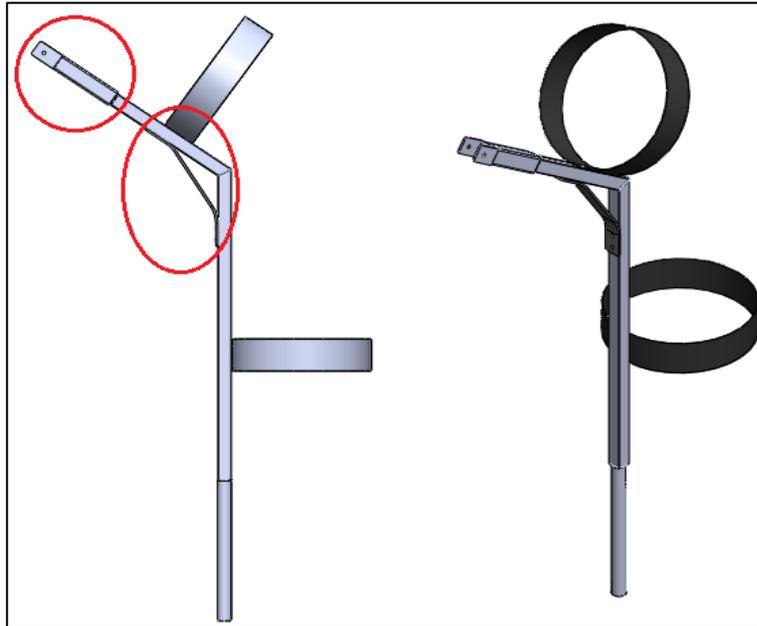
## Diseño Mecánico del Brazo de Extracción

Esquema:

- 1.- Brazo Principal
- 2.- Brazo Secundario
- 3.- Acople doble giro
- 4.- Campana y acople



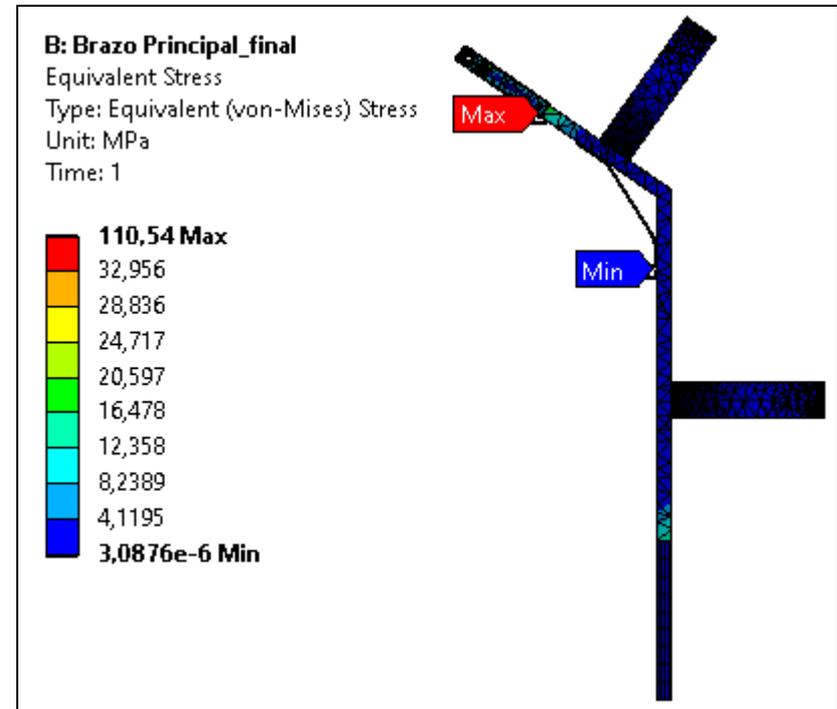
## Brazo de Extracción.- *Brazo Principal*



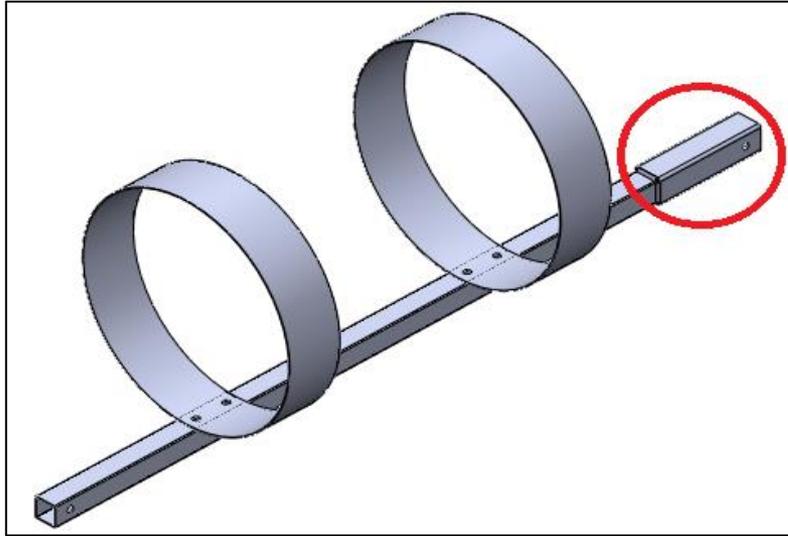
Esfuerzo Von Mises: 110,54 MPa

Deformación Total: 0,21 mm

Factor de Seguridad: 2,26



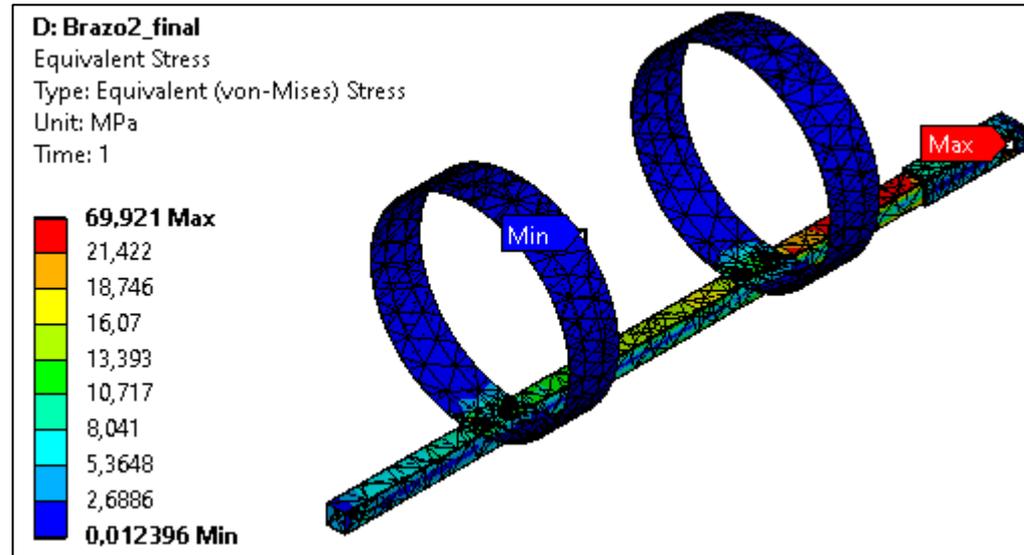
## Brazo de Extracción.- *Brazo Secundario*



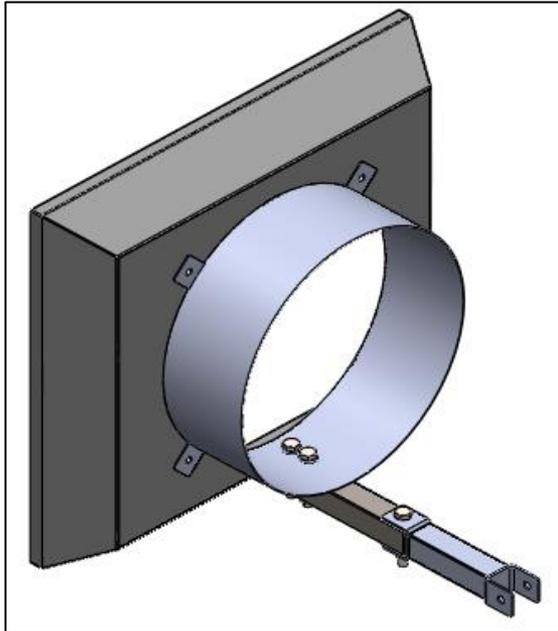
Esfuerzo Von Mises: 69,92 MPa

Deformación Total: 1,95 mm

Factor de Seguridad: 3,57



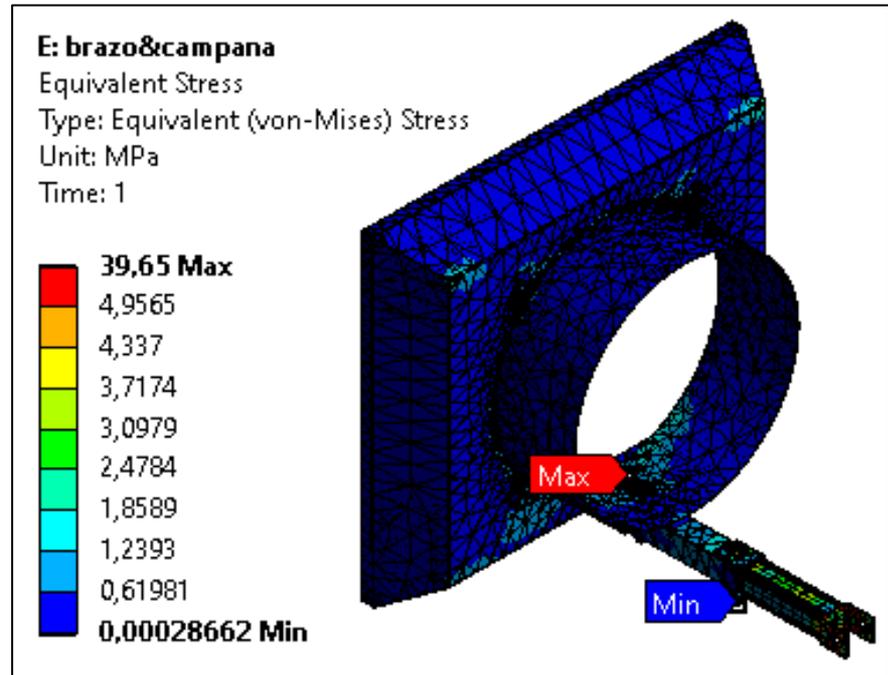
## Brazo de Extracción.- Acoples y campana



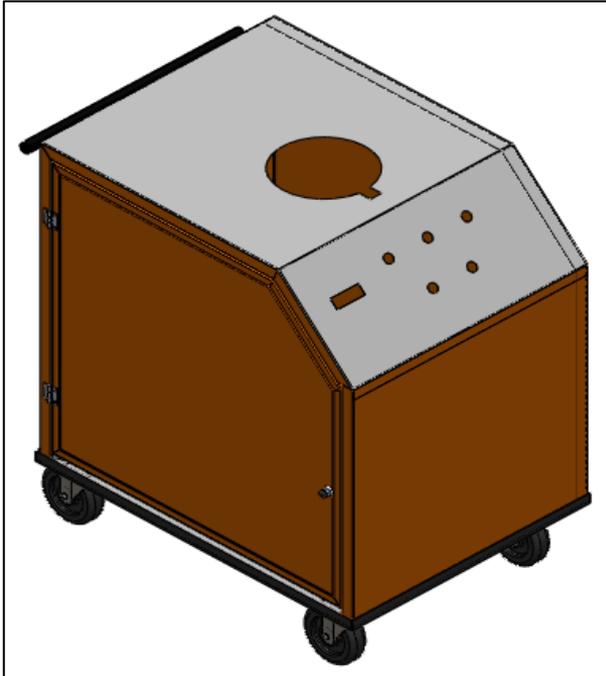
Esfuerzo Von Mises: 39,65 MPa

Deformación Total: 0,204 mm

Factor de Seguridad: 6,3



## Diseño mecánico.- Estructura principal



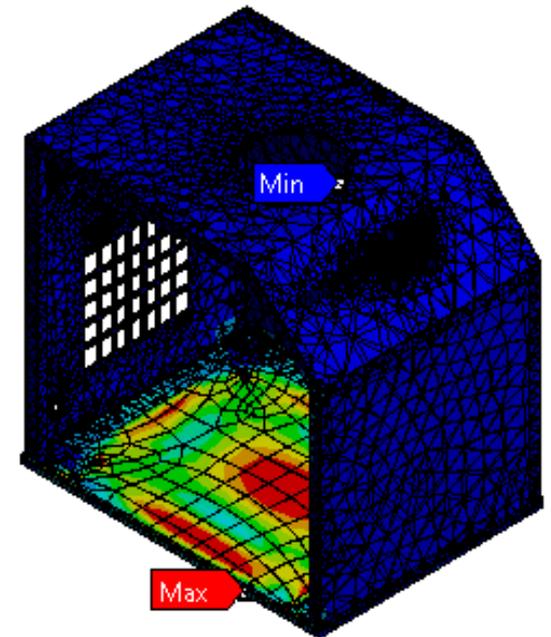
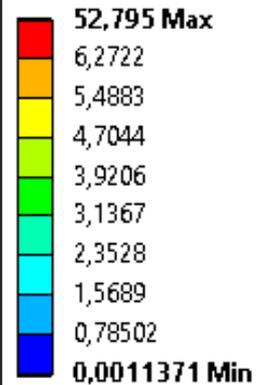
### A: Static Structural

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1



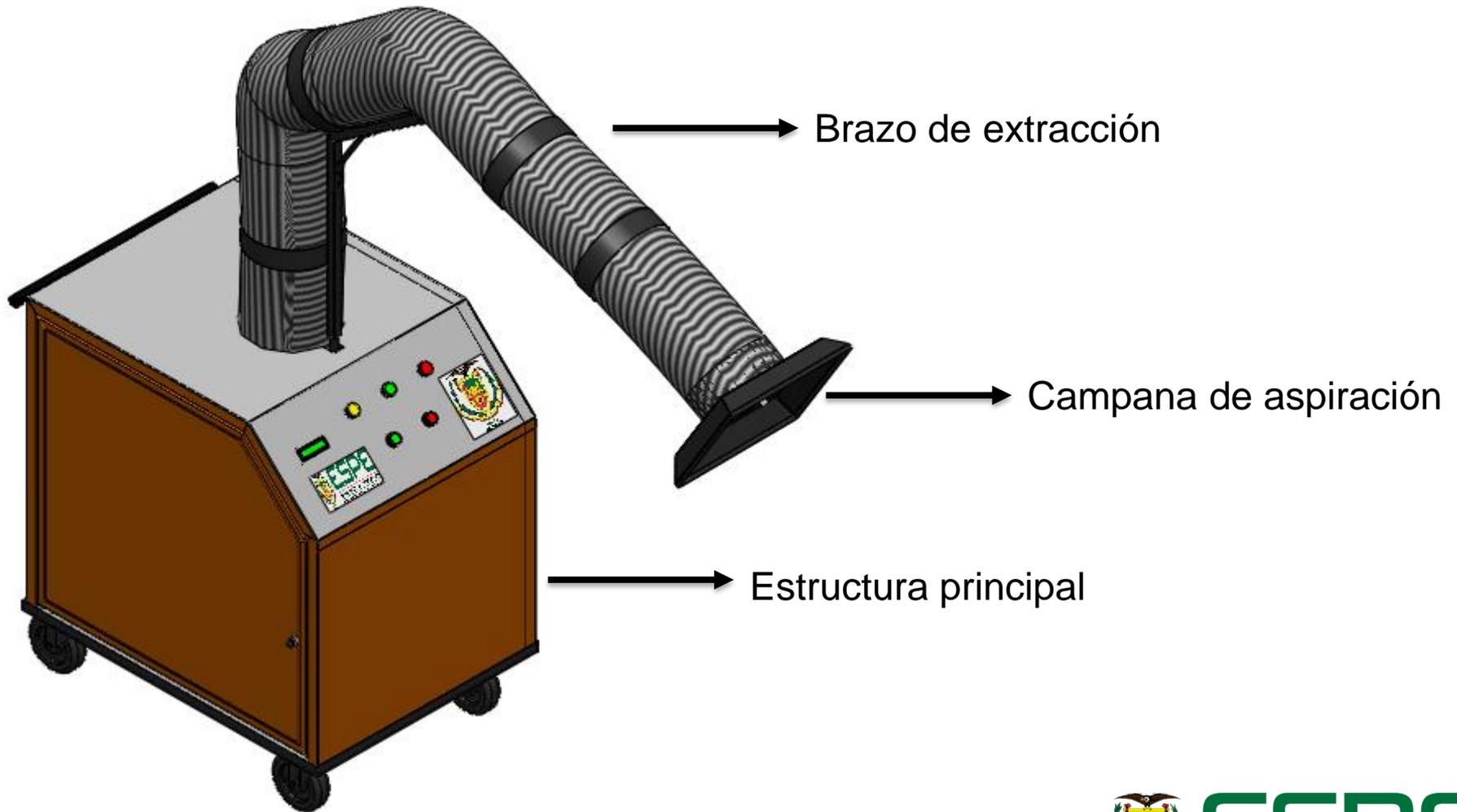
Esfuerzo Von Mises: 52,79 MPa

Deformación Total: 0,44 mm

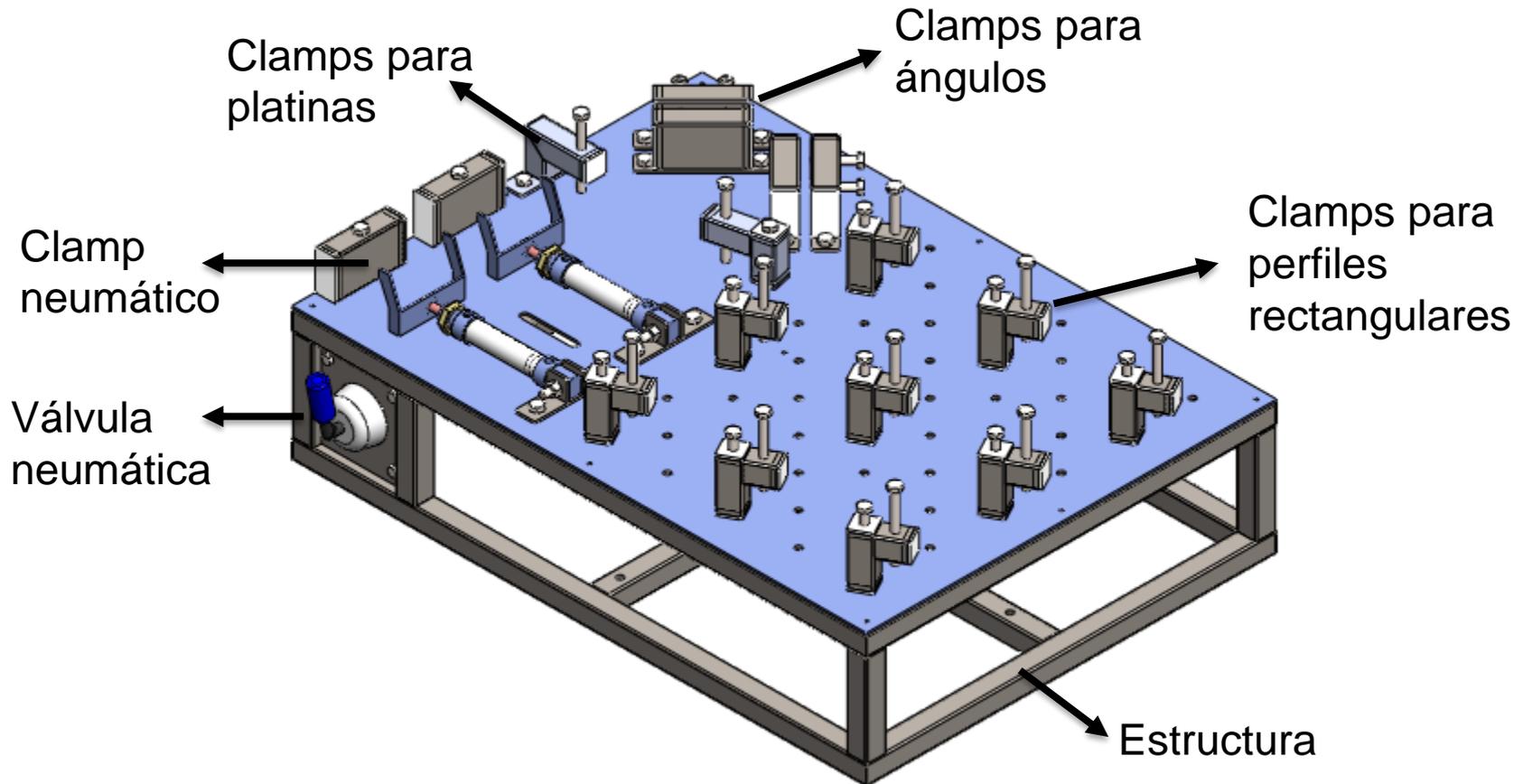
Factor de Seguridad: 4,73



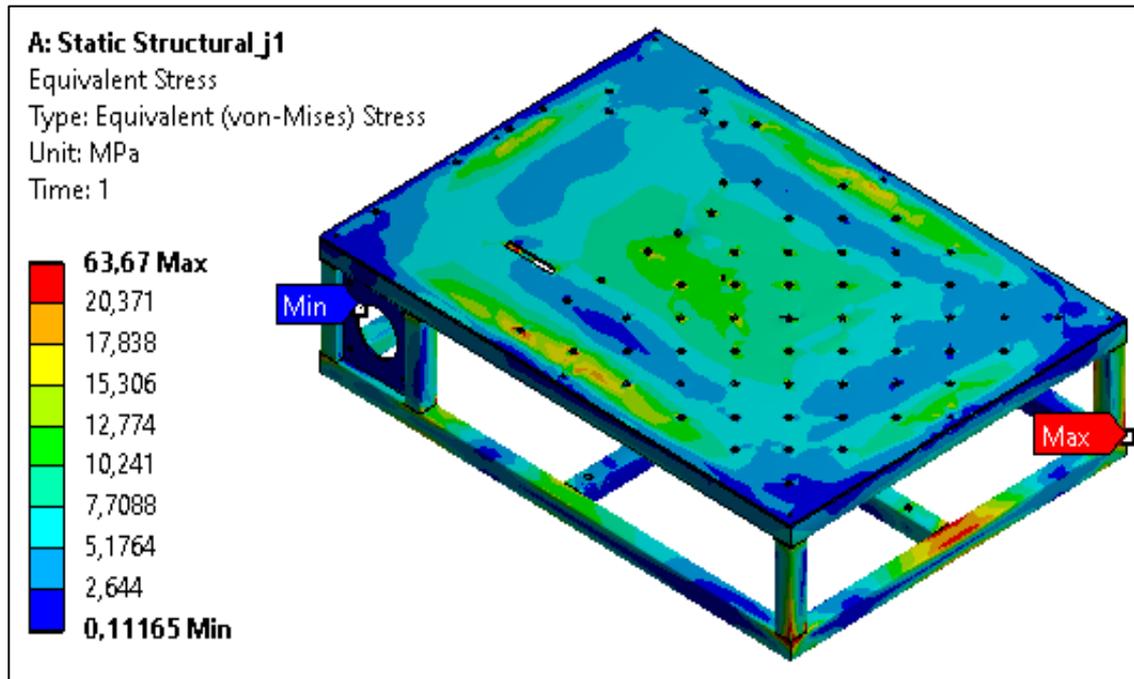
## Sistema de Extracción de Humos de Soldadura



## Jigs de soldadura.- Jig1



## Jigs de soldadura.- Jig1



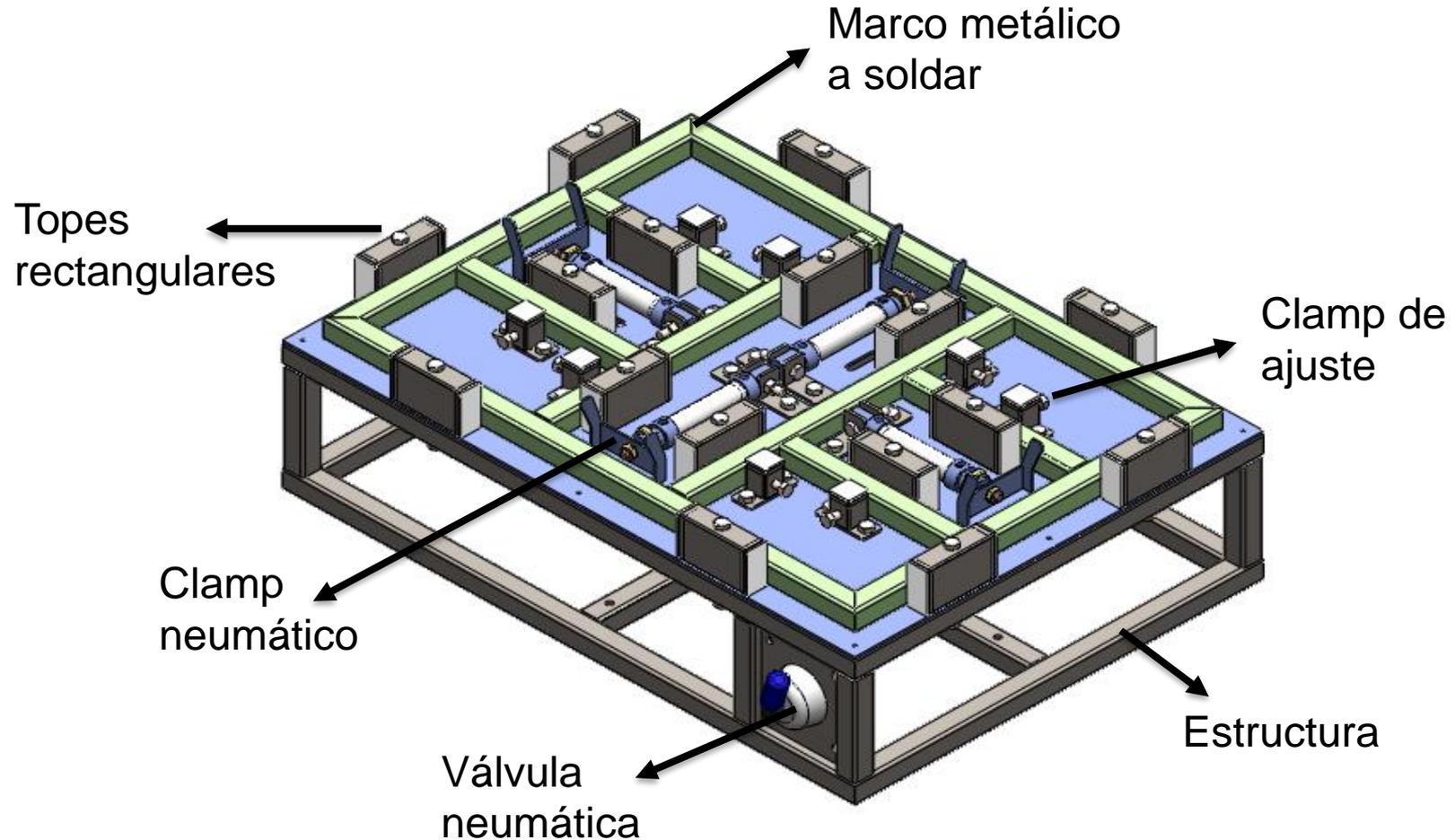
**Carga: 800 Newtons**

Esfuerzo Von Mises: 63,67 MPa / Deformación Total: 0,73 mm

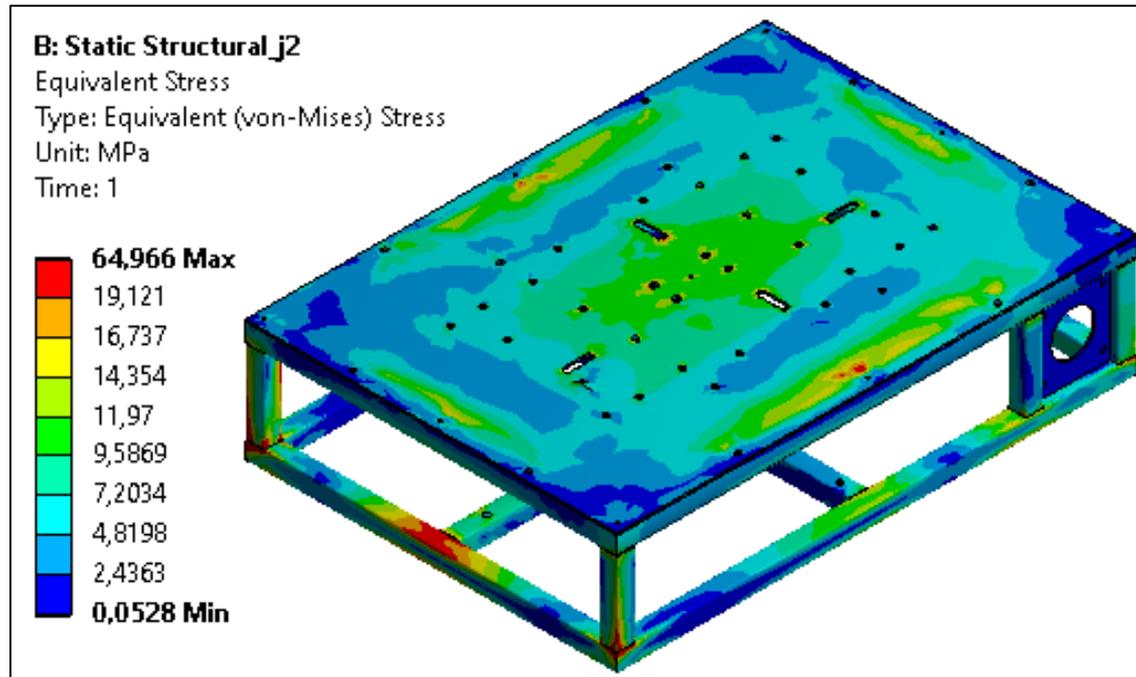
Factor de Seguridad: 3,92



## Jigs de soldadura.- Jig2



## Jigs de soldadura.- Jig2



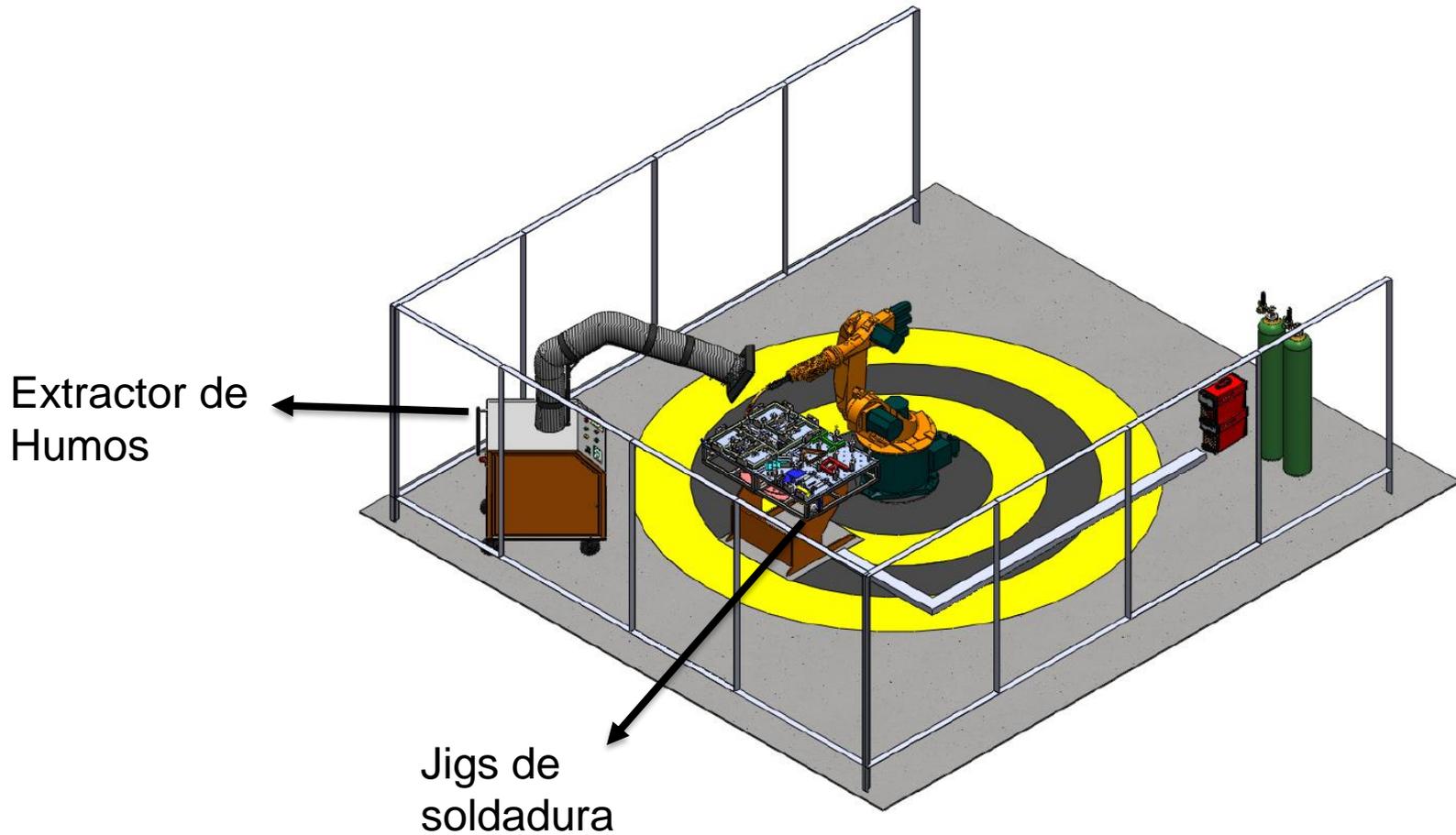
**Carga: 800 Newtons**

Esfuerzo Von Mises: 64,96 MPa / Deformación Total: 0,75 mm

Factor de Seguridad: 3,84



## Celda Robotizada de Soldadura (*Software CAD*)



## Celda Robotizada de Soldadura

Extractor de Humos

Jigs de soldadura



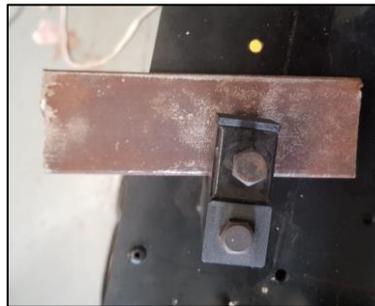
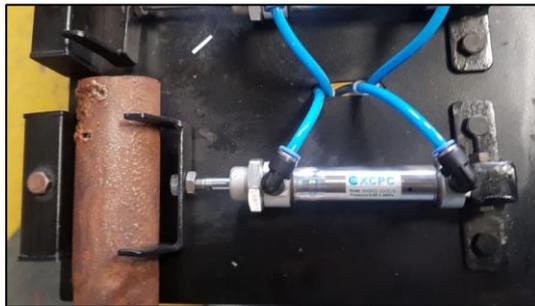
## Sistema de Extracción de humos

Distancia de absorción (cm)	Calidad de absorción
10	Excelente
15	Excelente
20	Excelente
25	Excelente
30	Muy bueno
35	Muy bueno
40	Muy bueno
45	Muy bueno
50	Bueno
55	Bueno
60	Bueno
65	Bueno
70	No Recomendable
75	No Recomendable
80	No Recomendable



## Jigs de soldadura.- Jig1

	JIG 1			
	Perfil rectangular	Perfil circular	Placas	Ángulos
Clamp neumático	Correcto	Correcto	N/A	N/A
Clamp perfil estructural	Correcto	Correcto	N/A	N/A
Clamp para placas	N/A	N/A	Correcto	N/A
Clamp para ángulos	N/A	N/A	N/A	Correcto



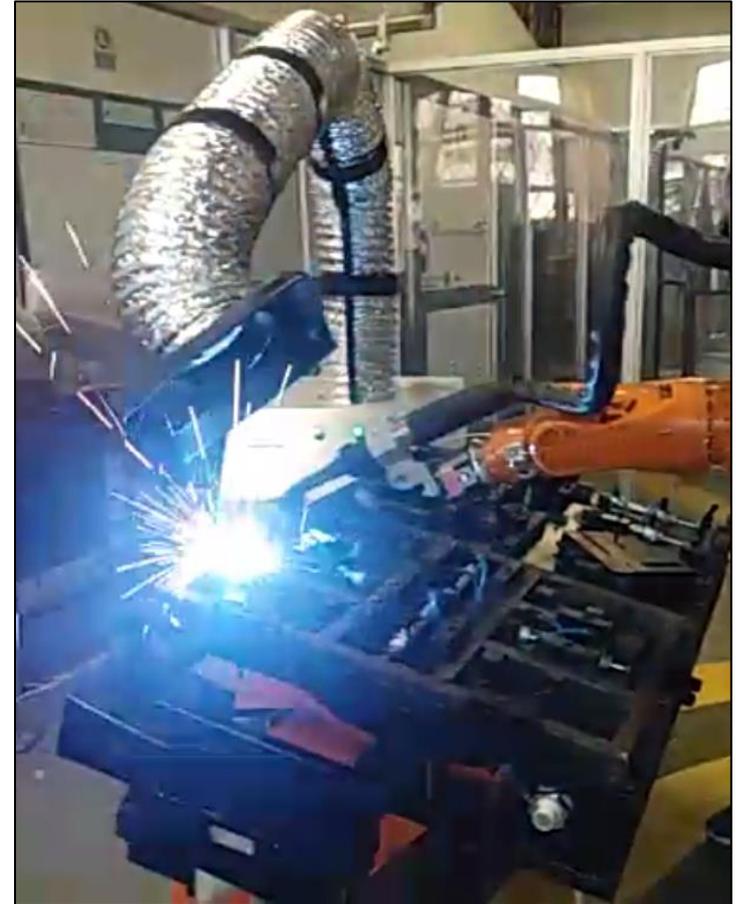
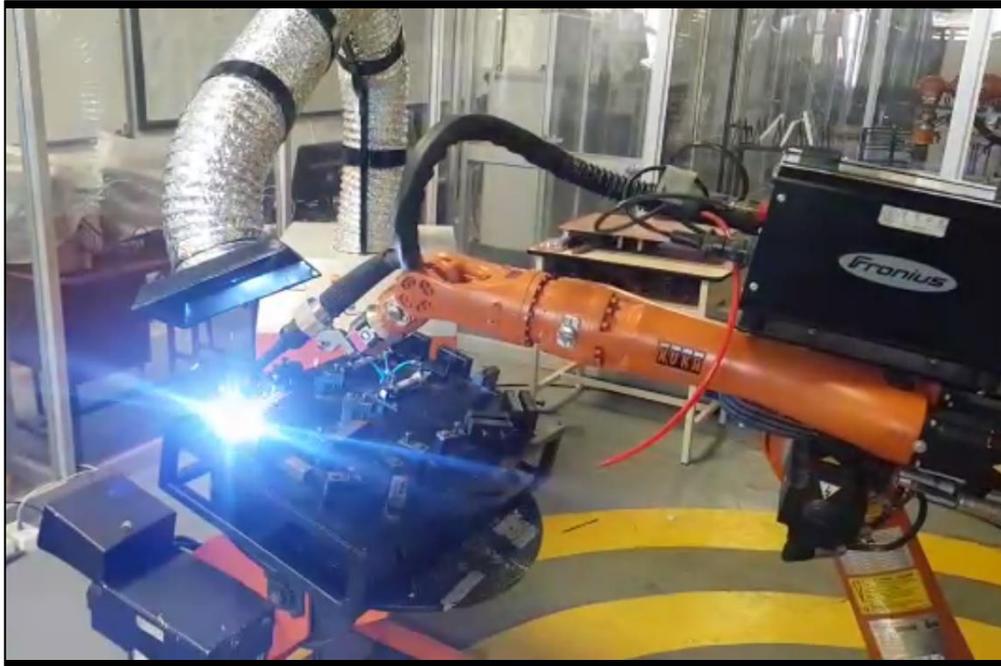
## Jigs de soldadura.- Jig2

	JIG 2	
	Perfil cuadrado (3/4 pulgada)	Perfil cuadrado (1 pulgada)
Clamp neumático	Correcto	Correcto
Clamp perfil estructural	Correcto	Correcto



# PRUEBAS Y RESULTADOS

Aplicación de soldadura robotizada GMAW en conjunto con los sistemas implementados



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# PRUEBAS Y RESULTADOS

## Evaluación del Ambiente de Trabajo

Fosfina (*Disminución 100%*)

CÁLCULOS (TLV TWA=0.05 ppm)	
Ci (ppm)	0.0
C8 (ppm)	0.0
D	<b>0.0</b>

FUENTE: HES

Monóxido de carbono (*Disminución 89,4%*)

CÁLCULOS (TLV TWA=35 ppm)	
Ci (ppm)	1,0
C8 (ppm)	0.375
D	<b>0,010</b>

FUENTE: HES

### RESULTADO GLOBAL EVALUACIÓN DE HUMO DE SOLDADURA

Puesto	Dosis FOSFINA (PH3)	Dosis SULFURO DE HIDROGENO (H2S)	Dosis MONOXIDO DE CARBONO (CO)	Dosis Total
<i>Soldadura</i>	0.0	0.00	0.010	<b>0.01</b>

FUENTE: HES



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Validación de Hipótesis

### *Método de Chi-cuadrado*

**Ho:** El sistema de extracción no reducirá los contaminantes en la Celda de Soldadura.

**Hi:** El sistema de extracción reducirá los contaminantes en la Celda de Soldadura.

<b>Resultado</b>	<b>Compuesto</b>		
	Fosfina	Monóxido de carbono	<b>TOTAL</b>
Excelente	30	16	<b>46</b>
Muy Bueno	0	14	<b>14</b>
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>60</b>



## Validación de Hipótesis

*Chi-cuadrado calculado*

$$x_c^2 = \sum \frac{(f_o - f_t)^2}{f_t}$$

$$x_c^2 = 18,2608$$

*Chi-cuadrado de tabla*

Nivel de significancia de 0,05

Grados de libertad: 1

$$x_t^2 = 3,841.$$

**Análisis:**  $x_c^2 > x_t^2 \rightarrow$  Se rechaza  $H_0$   
Se acepta  $H_1$

**Conclusión:** *El sistema de extracción reduce los contaminantes en la celda de soldadura.*



- Se diseñó e implementó un sistema de extracción localizada de humos de soldadura.
- *Levantamiento de línea base de la celda robotizada.*- Fosfina, con una concentración promedio de 0.39 ppm, valor que supera el límite de umbral y media ponderada en el tiempo igual a 0.05 ppm. Monóxido de carbono, con una concentración promedio de 9.53 ppm, valor inferior al límite de umbral de 35 ppm. Dichas cantidades conllevan a una dosis de concentración total  $D = 3.05$  en la estación de soldadura.
- *Evaluación ambiente de trabajo.*- Reducción del 100% en cuanto al compuesto Fosfina, ya que su valor de concentración final fue de 0.0 ppm. Mientras que el Monóxido de carbono disminuyó en un 89.44% ya que se obtuvo una concentración de 1.0 ppm. Entonces, se concluye que el sistema de extracción localizada de humos de soldadura alcanza una eficiencia del 94,72% en su tarea de disminuir y filtrar los contaminantes producidos durante el proceso de soldadura robotizada MIG/MAG.



- *Características del sistema de extracción localizada de humos de soldadura.-* Ventilador tipo centrífugo con un caudal de absorción de 1200 m<sup>3</sup>/h y un manejo de pérdidas de carga de 27,686 mm c.d.a. Motor eléctrico WEG W22, Carcasa 71, con una potencia de 0,5 HP (0,37 KW), 1700 RPM, alimentado por un voltaje trifásico a 220 voltios.
- *Filtros.-* Pre filtro de aluminio y filtro principal tipo MERV 13 que tiene una eficiencia de hasta el 90%.
- *Brazo de extracción.-* Ducto flexible de aluminio de 200 mm de diámetro, estructura mecánica fabricada a base de acero estructural ASTM A36. Alcance máximo de 1250 mm, debido al trabajo en conjunto con el resto de componentes como el brazo robótico KUKA KR5 – ARC, mesa posicionadora y jigs de soldadura.



- Se diseñó e implementó dos jigs de soldadura.
- *Características Jigs.-* Dimensiones de 700 mm de ancho x 500 mm de largo x 200 mm de altura y una capacidad de carga máxima de hasta 75 Kg. El Jig1 fue diseñado con el objetivo de realizar prácticas de soldadura robotizada MIG/MAG, el Jig2 fue diseñado para elaborar marcos metálicos.
- *Tipo de sujeción.-* Mecánica, diseño de diversos clamps para ajustar manualmente distintas piezas metálicas. Neumática, necesita de un cilindro que permita realizar el ajuste y liberación de los componentes.
- Se elaboró un manual de usuario que detalla características técnicas del sistema de extracción de humos y jigs de soldadura, indicaciones para una correcta puesta en marcha y operación, acciones de mantenimiento preventivo y correctivo.



- Utilizar el sistema de extracción de humos al momento de desarrollar prácticas de soldadura robotizada.
- Realizar una medición de los contaminantes producidos en la estación de soldadura una vez al año, a fin de constatar que la dosis total de concentración se mantenga menor a 1 que es el valor recomendado.
- Realizar una acción de mantenimiento preventivo del sistema de extracción de humos de soldadura mediante inspección visual, principalmente del sistema de filtros y ducto de aspiración cada 3 meses (480 horas). Posterior a los 12 meses (1900 horas) de funcionamiento cambiar los filtros del sistema.



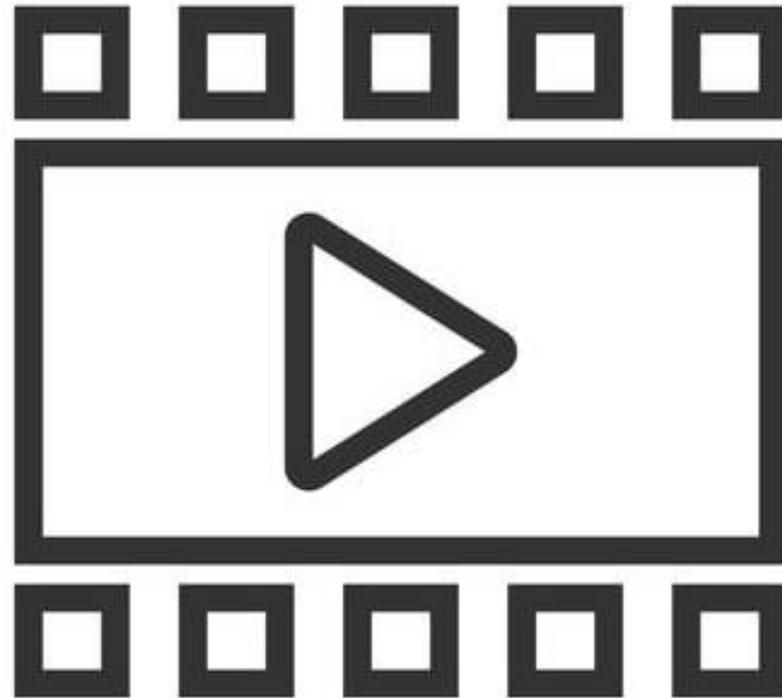
# RECOMENDACIONES

- En caso de requerir un mayor caudal de absorción para extraer más contaminantes deberá redimensionar la campana, ducto de aspiración y recalcular las pérdidas de carga del sistema para seleccionar el ventilador apropiado.
- Utilizar filtros del tipo MERV 11 a MERV 13 para garantizar un funcionamiento óptimo del equipo. Un filtro de menor valor no retendrá las partículas contaminantes que resulten del proceso de soldadura. Por el contrario, un filtro de mayor valor generará una pérdida de carga más alta debido a su resistencia al paso del flujo de aire.
- Ubicar la campana de extracción a una distancia no mayor a 45 cm del punto de contaminación (cordón de soldadura), para garantizar la absorción de los humos generados. Procurar no trabajar con ángulos menores a 90° en los codos de la estructura, ya que generará un aumento en la pérdida de carga.



- Utilizar los perfiles y valor de presión neumática recomendada para cada jig de soldadura.
- Acoplar nuevos clamps a los jigs implementados que permitan diversificar la sujeción de piezas, de esta manera se potencializará el uso de las herramientas de programación del brazo KUKA KR5 – ARC.
- Antes de utilizar el sistema de extracción de humos y jigs de soldadura deberá revisar el manual de usuario que se proporciona en la sección de anexos a fin de garantizar un funcionamiento óptimo de los equipos y la seguridad de los ocupantes del Laboratorio de Robótica Industrial.





# GRACIAS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA