



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

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

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CELDA DE  
MANUFACTURA ROBOTIZADA MEDIANTE JIGS DE  
SOLDADURA PARA OPTIMIZAR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN  
EN LA EMPRESA MIVILTECH S.A EN EL  
CANTÓN AMBATO.”**

**AUTORES:**

**WOLNEY FRANCISCO POLO ARIOPAJAS  
ÁLVARO XAVIER ZAMBRANO DONOSO**

**DIRECTOR:**

**ING. MARCO ADOLFO SINGAÑA AMAGUAÑA**



# CONTENIDO

Descripción del proyecto

Problema

Objetivos

Hipótesis

Generalidades

Diseño

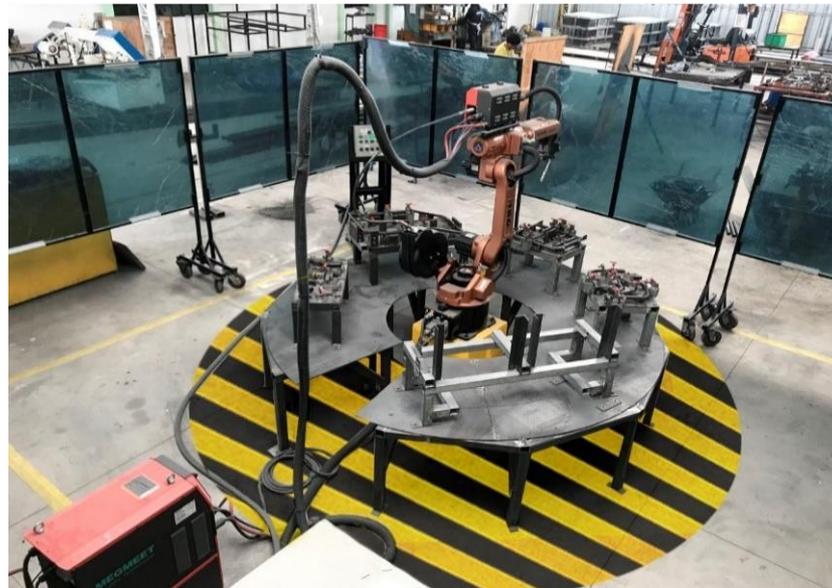
Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones



# DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el presente proyecto se realizó una investigación de la soldadura MIG, consta de una mesa circular con un brazo robótico centralizado, para aprovechar el espacio de trabajo, se diseñaron Jig's de soldadura para distintas subestructuras de un asiento de bus. Al implementar una celda de manufactura robotizada se deberá tener muy en cuenta las normativas de seguridad.



# PROBLEMA

## Falta de velocidad de producción

Proceso de soldadura manual



Proceso de soldadura Robotizado



## Causas

1. Mala posición de las piezas a soldar
2. Mala precisión
3. Cansancio del trabajador

Se tiene la necesidad de automatizar para mejorar la producción y economía



# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una celda de manufactura robotizada mediante JIG´S de soldadura para optimizar tiempos de producción en la empresa MIVILTECH S.A en el cantón Ambato.



# OBJETIVOS

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Información del Brazo robótico GSK
- Diseñar e implementar una celda de manufactura robotizada
- Diseñar y construir los JIG'S de soldadura
- Correcto posicionamiento de los JIG'S de soldadura
- Implementar un sistema de comunicación
- Programar el brazo robótico
- Comprobar la hipótesis



# GENERALIDADES



**FANUC**



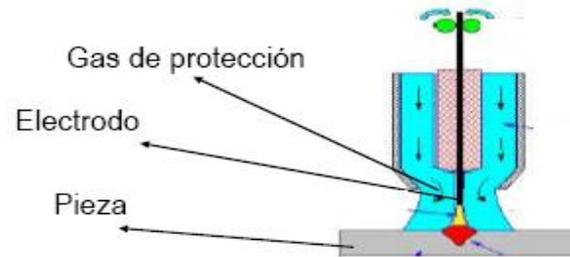
**KUKA**



**GSK RH06**



## Soldadura MIG



### Tipos de procesos de soldadura

Proceso de soldadura manual

Proceso de soldadura automatizada

Proceso de soldadura robotizada

## Soldadura robotizada



**Panasonic**



**Migatronic**

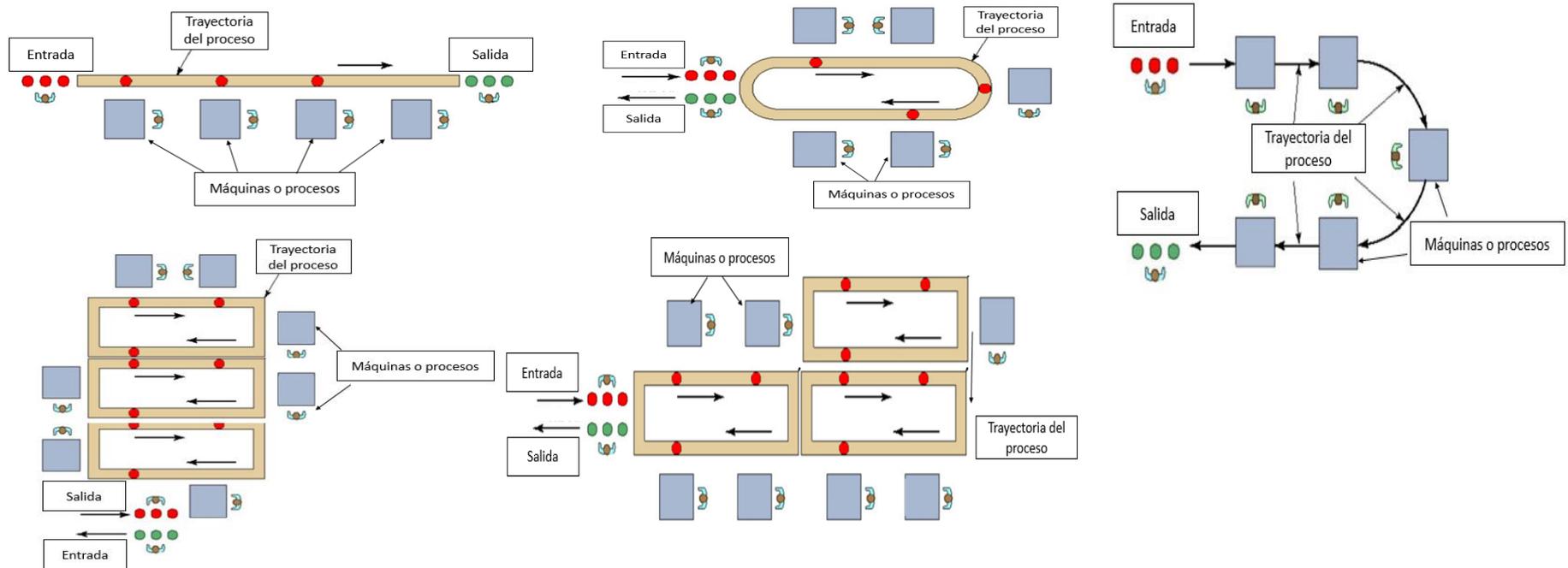


**Megmeet**

# GENERALIDADES

## Celda de manufactura

Una celda de manufactura es una unidad del trabajo más grande que una máquina o un sitio de trabajo individual pero más pequeña que el departamento generalmente.



## Etapas para diseño de una celda de manufactura



# GENERALIDADES

## Celdas robotizadas de manufactura

- Definición
- Modos de trabajo
- Elementos de seguridad
- Robots como herramientas y equipos de trabajo



# GENERALIDADES

## Medidas de seguridad de la celda robotizada

- Definición: Robot Colaborativo
- Causa de los accidentes laborales
- Consecuencias
- Riesgos
- Seguridad en instalaciones robotizadas
- Medidas de seguridad
- Requisitos de seguridad de una celda robotizada
- Normativas de seguridad de una celda robotizada



# GENERALIDADES

## Normativa legal

- UNE EN ISO 10218-1:2011. Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 1: Robots
- UNE EN ISO 10218-2:2011. Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 2: Sistemas robot e integración
- ISO/TS 15066:2015. Robots y dispositivos robóticos - Robots de colaboración. (Especificación Técnica)
- ANSI/RIA R15.06-1992.

 ANSI/RIA R 15.06	Robots industriales y sistemas de robots	Requerimientos de seguridad
 CAN/CSA Z434		
	Dentro de Europa, tanto los robots como las células robóticas deben cumplir con la Directiva sobre maquinaria (2006/42 / EC). Para demostrar el cumplimiento de la Directiva sobre máquinas, se pueden aplicar los siguientes estándares.	
EN/ISO 10218-1	Robots y dispositivos robóticos	Requisitos de seguridad para robots industriales, Parte 1: Robots
EN/ISO 10218-2		Requisitos de seguridad para robots industriales, Parte 2: Sistemas de robot e integración
ISO/TS 15066		Robots colaborativos



# GENERALIDADES

## Norma INEN 439

Color.	Significado.	Ejemplo de Uso.
	Alto. Prohibición.	Señal de parada. Signos de Prohibición. Este color también se utiliza para prevenir fuego y para marcar equipo contra incendio y su localización.
	Atención. Cuidado, peligro.	Indicación de peligros (fuego, explosión, envenenamiento, etc.) Advertencia de obstáculos.
	Seguridad.	Rutas de escape, salidas de emergencia, estación de primeros auxilios.
	Acción obligada. Información.	Obligación de usar equipos de seguridad industrial. Localización de teléfono.

Señales	Descripción
	Fondo blanco, círculo y barra inclinada rojos. El símbolo de seguridad será negro, colocado en el centro de la señal, pero no debe sobreponerse a la barra inclinada roja.
	Fondo azul. El símbolo de seguridad o el texto serán blancos colocados en el centro de la señal. Los símbolos usados en las señales de obligación establecen tipos generales de protección.
	Fondo amarillo. Franja triangular negra. El símbolo de seguridad será negro y estará colocado en el centro de la señal.
	Fondo verde. Símbolo o texto de seguridad en blanco y colocado en el centro de la señal. La forma de la señal debe ser cuadrada o rectangular de tamaño adecuado para alojar el símbolo y/o texto de seguridad.

Señal de Seguridad	Significado
	ENTRADA PROHIBIDA A PERSONAS NO AUTORIZADAS
	NO INTRODUZCA LAS MANOS
	PROHIBIDO FUMAR
	PROHIBIDO INGERIR ALIMENTOS

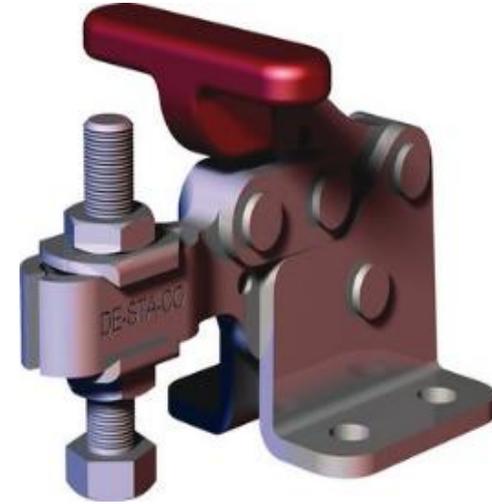
	USO OBLIGATORIO GAFAS
	USO OBLIGATORIO OREJERAS
	USO OBLIGATORIO CALZADO DE SEGURIDAD



# GENERALIDADES

## Sistema de sujeción materia prima

Clamp Destaco 307 USS



## Jig o plantillas de soldadura



## Parámetros soldadura MIG

- Voltaje del arco de soldadura
- Corriente del arco de soldadura
- Velocidad de soldadura
- Velocidad de alambre

## Acero Estructural ASTM A36

- Ventajas
- desventajas

**Mediante las tablas INDURA Ecuador y la norma ASME 9 se seleccionaron los valores adecuados**

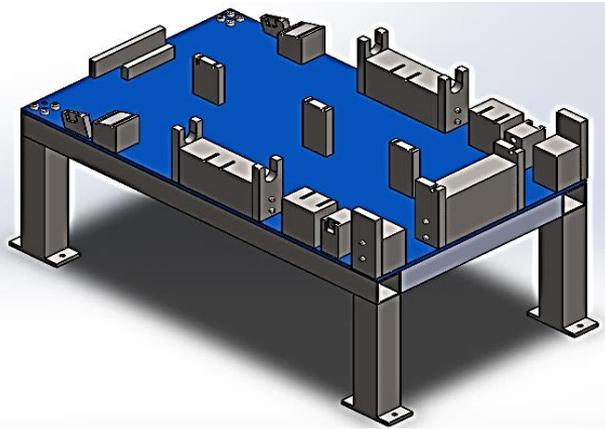


## Diseño Jigs de soldadura

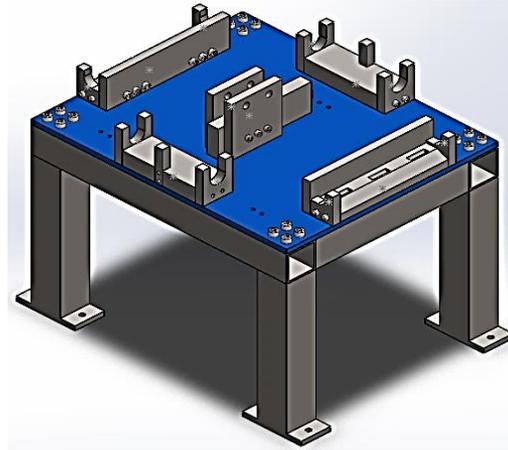
- Material utilizado
- Medidas base
- Tipo de unión
- Dimensiones de los Jigs
- Peso de las subestructuras asiento de bus interprovincial



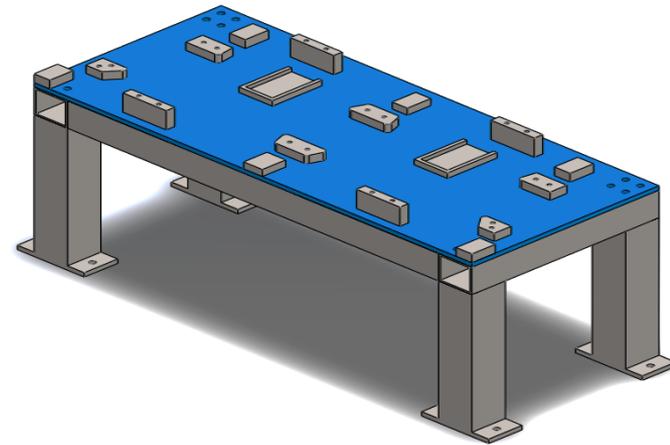
# DISEÑO



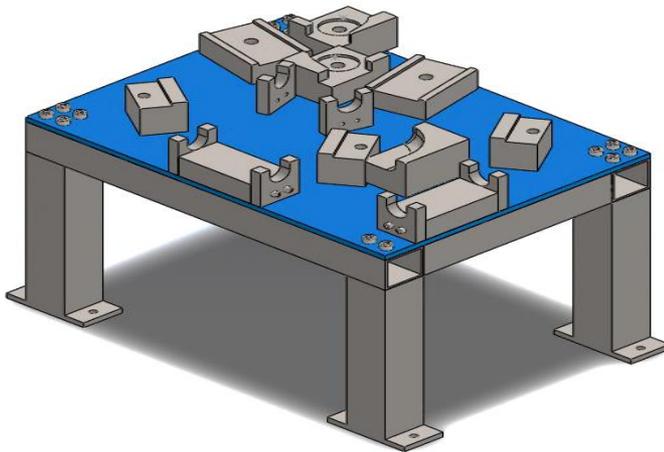
**Jig de Espaldar**



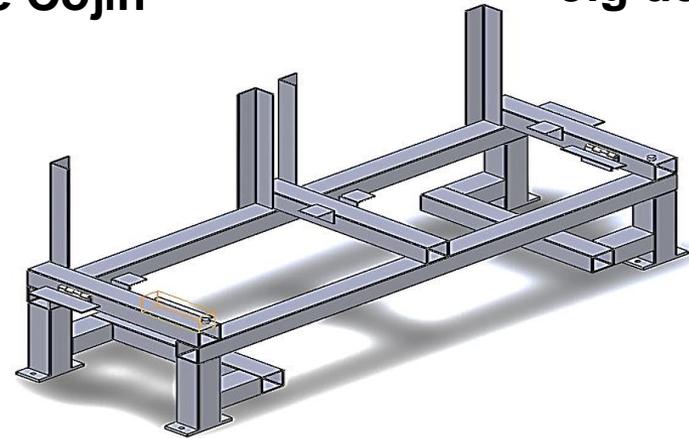
**Jig de Cojín**



**Jig de Pata**



**Jig de Codera**

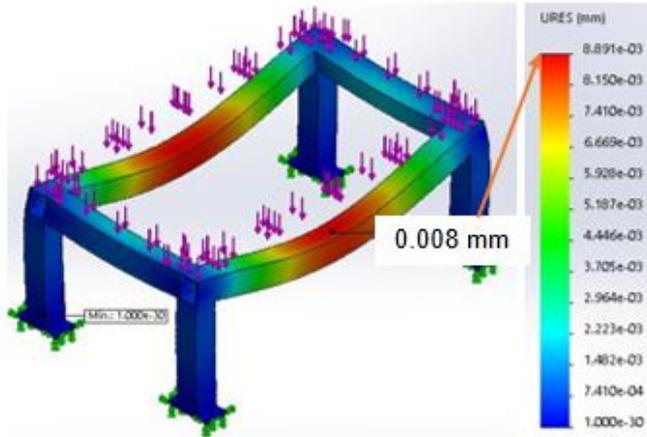


**Jig de Matrimonio**



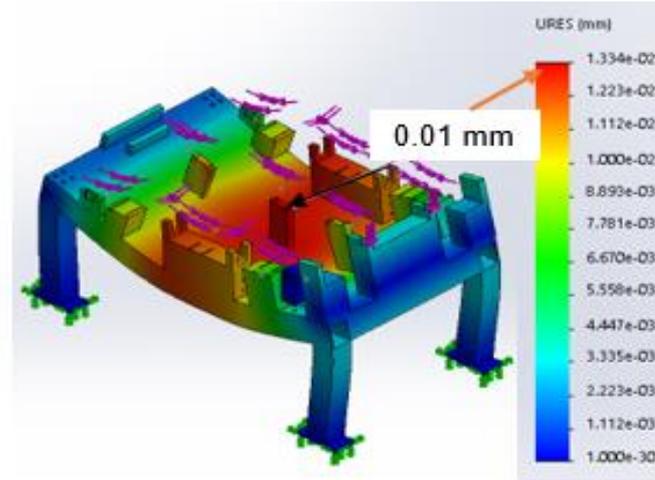
# DISEÑO

## Análisis estático Jig de Espaldar



**Base Jig de Espaldar**

Dtotal: 0.008 mm

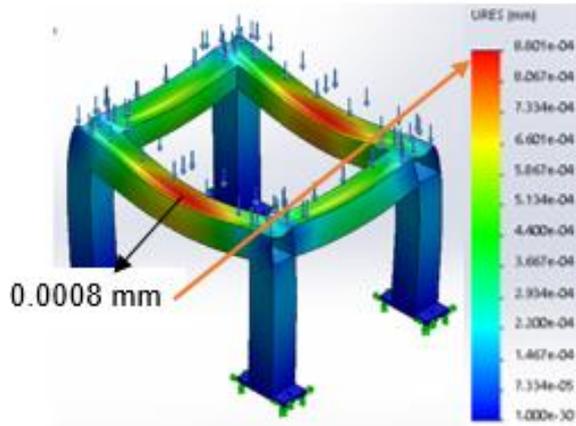


**Jig de Espaldar**

Dtotal: 0.01 mm

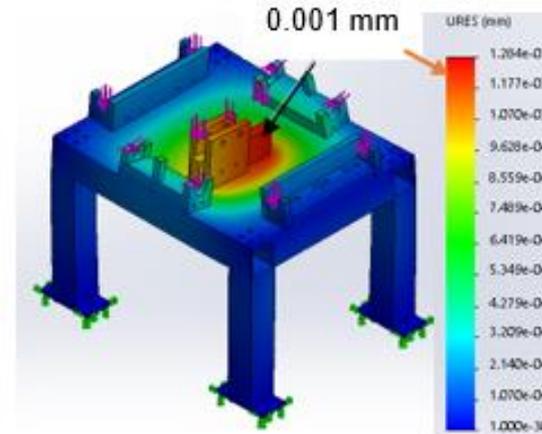
# DISEÑO

## Análisis estático Jig de Cojín



**Base Jig de Cojín**

Dtotal: 0.0008 mm

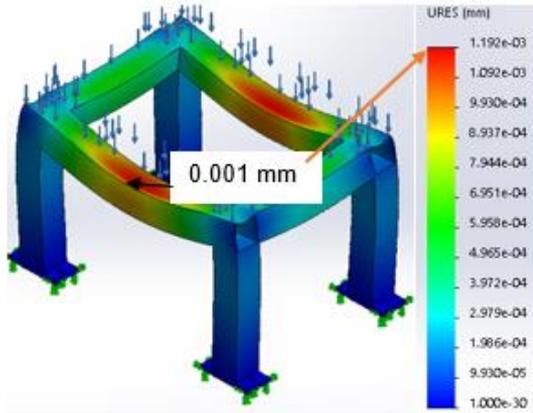


**Jig de Cojín**

Dtotal: 0.001 mm

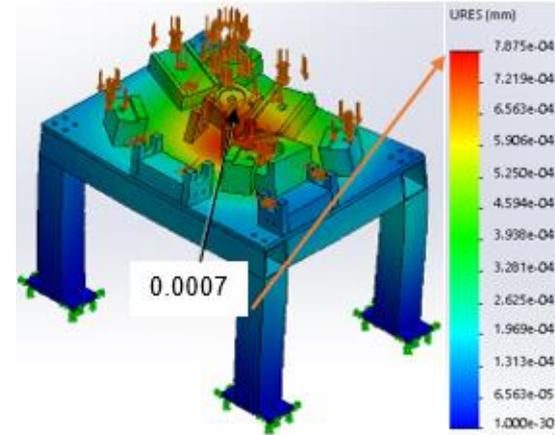
# DISEÑO

## Análisis estático Jig de Codera



**Base Jig de Codera**

Dtotal: 0.001 mm

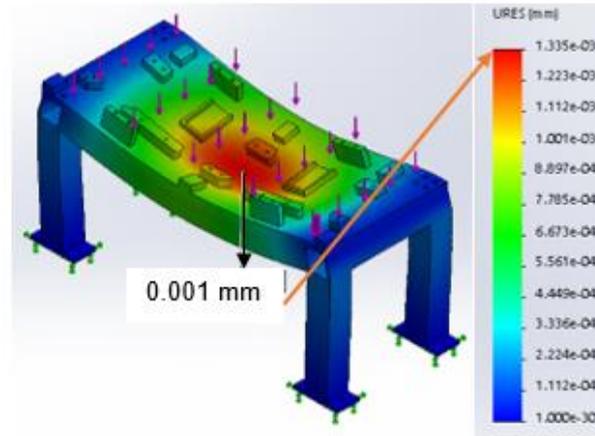


**Jig de Codera**

Dtotal: 0.0007mm

# DISEÑO

## Análisis estático Jig de Pata

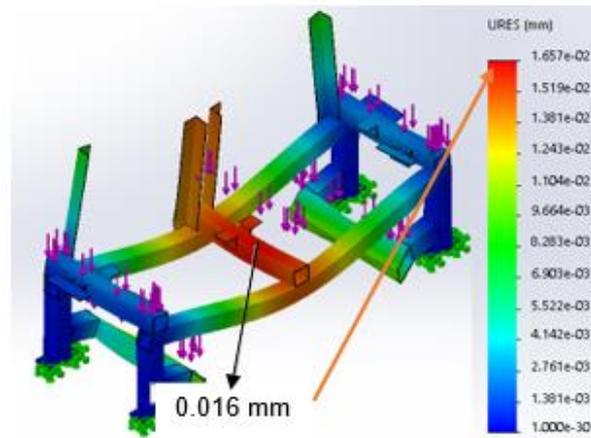


### Jig de Pata

Dtotal: 0.001 mm



## Análisis estático Jig de Matrimonio

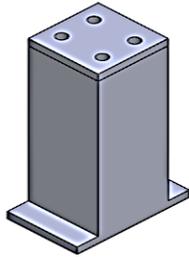


### Jig de Matrimonio

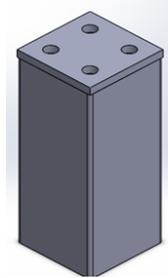
Dtotal: 0.016 mm

# DISEÑO

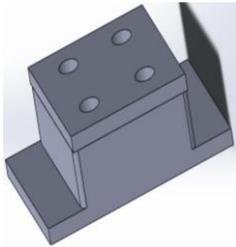
## Base de los Clamps manuales



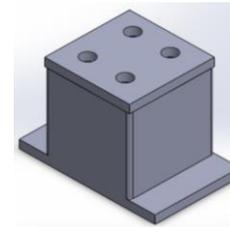
Base clamp Espaldar



Base clamp Cojín



Base clamp Pata



Base clamp Codera

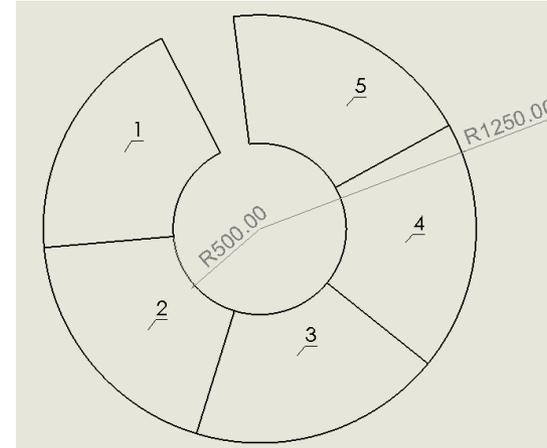


# DISEÑO

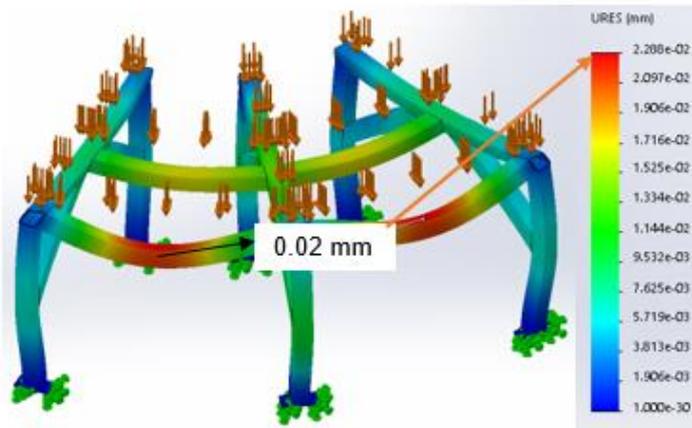
## Mesa de apoyo

Área de trabajo por sección :  $1.11m^2$

Área de trabajo mínima por sección:  $0.82m^2$

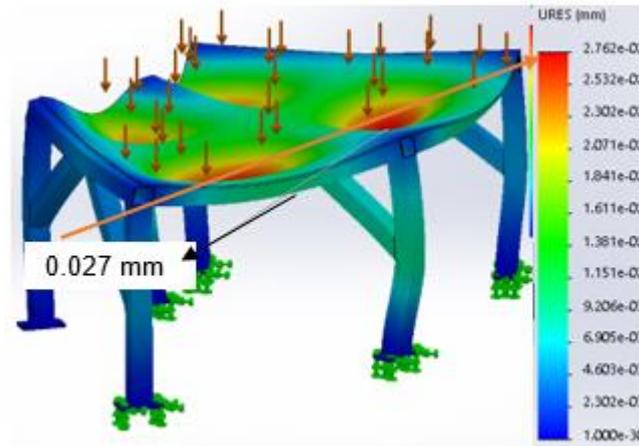


## Diseño y análisis estático de la estructura de la mesa de apoyo



**Base Estructura metálica**

Dtotal: 0.02 mm



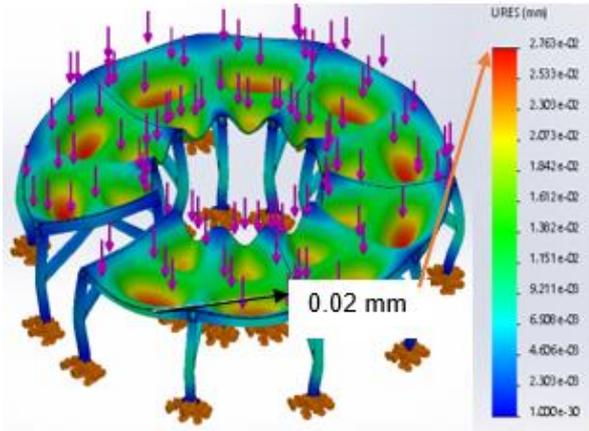
**Plancha y base Estructura metálica**

Dtotal: 0.027 mm

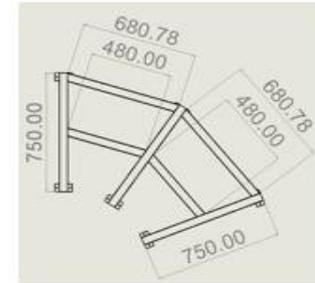


# DISEÑO

## Análisis total de la mesa



## Medidas de la mesa



## Base Estructura metálica

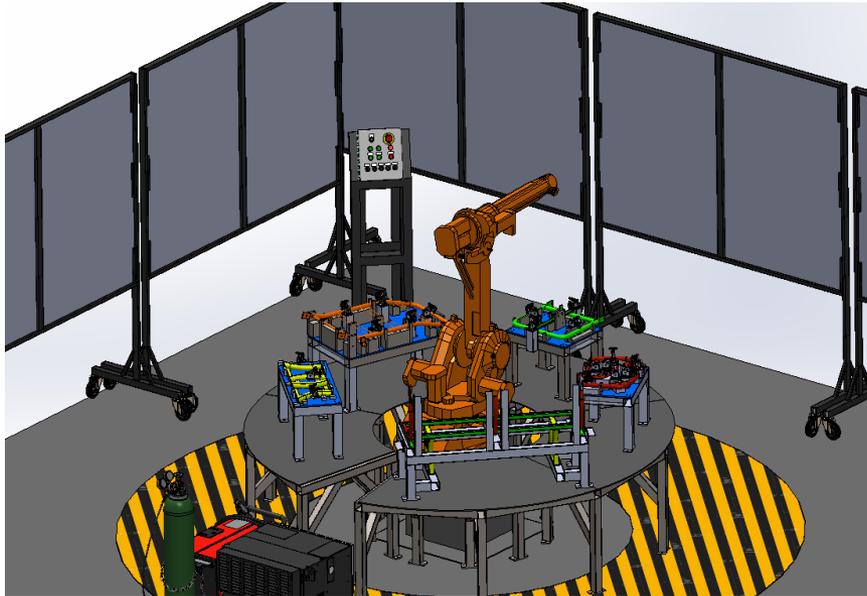
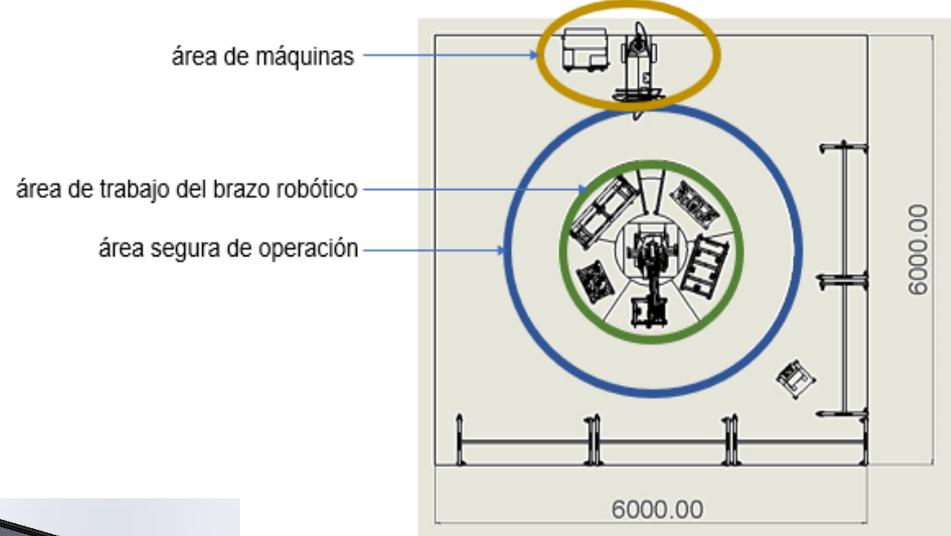
Dtotal: 0.02 mm



# DISEÑO

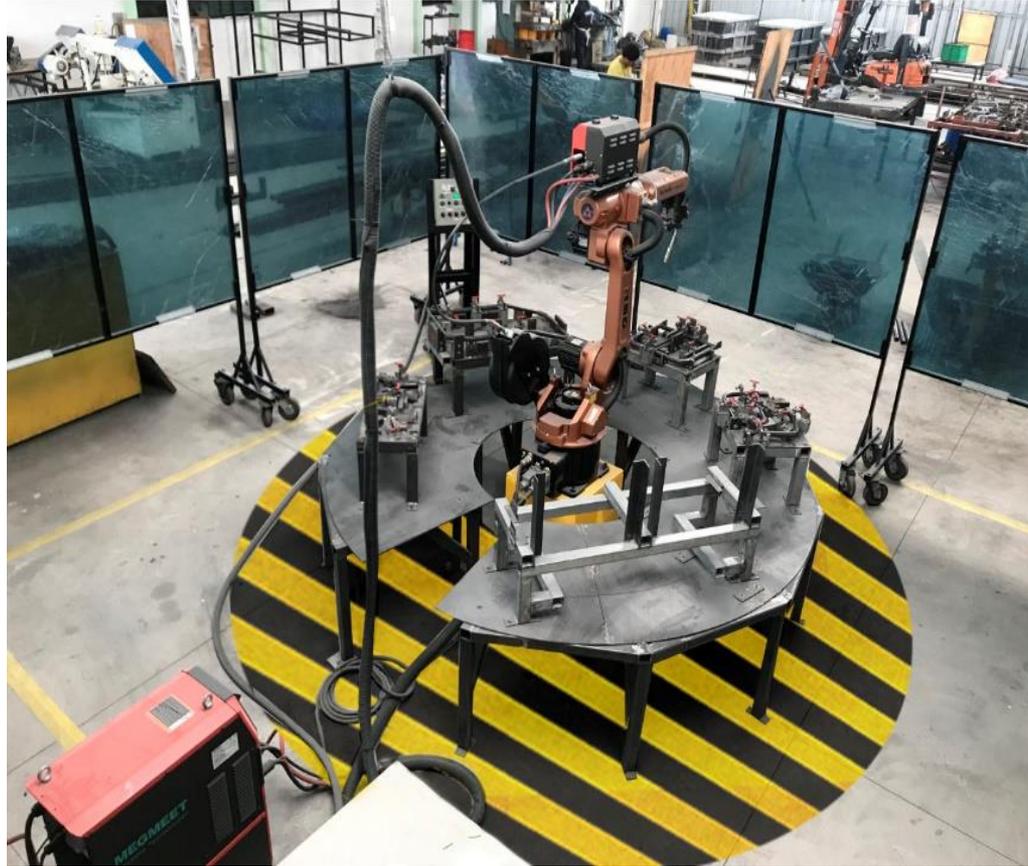
## Celda de manufactura

- Criterios técnicos
- Parámetros de diseño
- Posicionamiento de áreas
- Selección de componentes



# DISEÑO

## Celda de manufactura robotizada. Modelo Físico



# DISEÑO

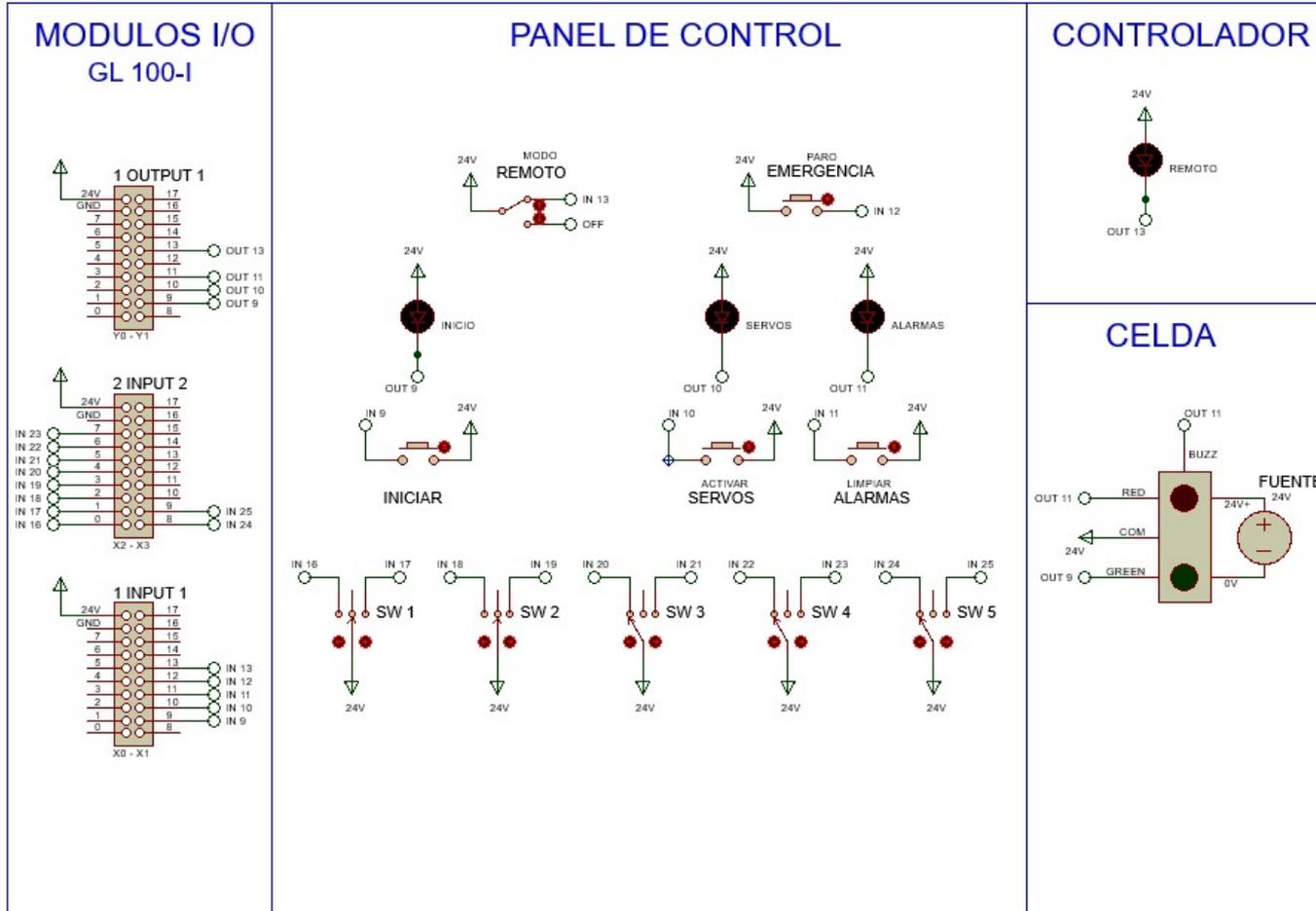
## Diseño panel de control

- Entradas y salidas
- Selector de programas



# DISEÑO

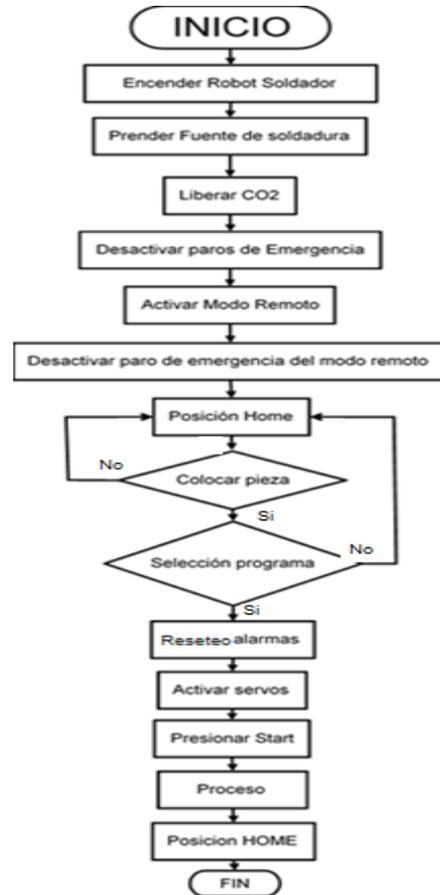
## Diagrama conexión eléctrica



# DISEÑO

## Programación de las secciones de soldadura del brazo robótico

- Modo Teach
- Modo Play
- Modo Remote



Algoritmo de programación Modo Remoto



# PRUEBAS Y RESULTADOS: Movimiento en vacío

Modo Teach	Líneas testeadas
Prueba 1	Error en 56 líneas de programación
Prueba 2	Error en 34 líneas de programación
Prueba 3	Error en 18 líneas de programación
Prueba 4	Error en 8 líneas de programación
Prueba 5	No se generan errores

## Jig de Espaldar

Modo Teach	Líneas testeadas
Prueba 1	Error en 35 líneas de programación
Prueba 2	Error en 28 líneas de programación
Prueba 3	Error en 11 líneas de programación
Prueba 4	Error en 9 líneas de programación
Prueba 5	No se generan errores

## Jig de Codera

Modo Teach	Líneas testeadas
Prueba 1	Error en 25 líneas de programación
Prueba 2	Error en 18 líneas de programación
Prueba 3	Error en 11 líneas de programación
Prueba 4	Error en 5 líneas de programación
Prueba 5	No se generan errores

## Jig de Matrimonio

Modo Teach	Líneas testeadas
Prueba 1	Error en 45 líneas de programación
Prueba 2	Error en 28 líneas de programación
Prueba 3	Error en 19 líneas de programación
Prueba 4	Error en 6 líneas de programación
Prueba 5	No se generan errores

## Jig de Cojín

Modo Teach	Líneas testeadas
Prueba 1	Error en 42 líneas de programación
Prueba 2	Error en 32 líneas de programación
Prueba 3	Error en 18 líneas de programación
Prueba 4	Error en 11 líneas de programación
Prueba 5	No se generan errores

## Jig de Pata



# PRUEBAS Y RESULTADOS: Evaluación de seguridad

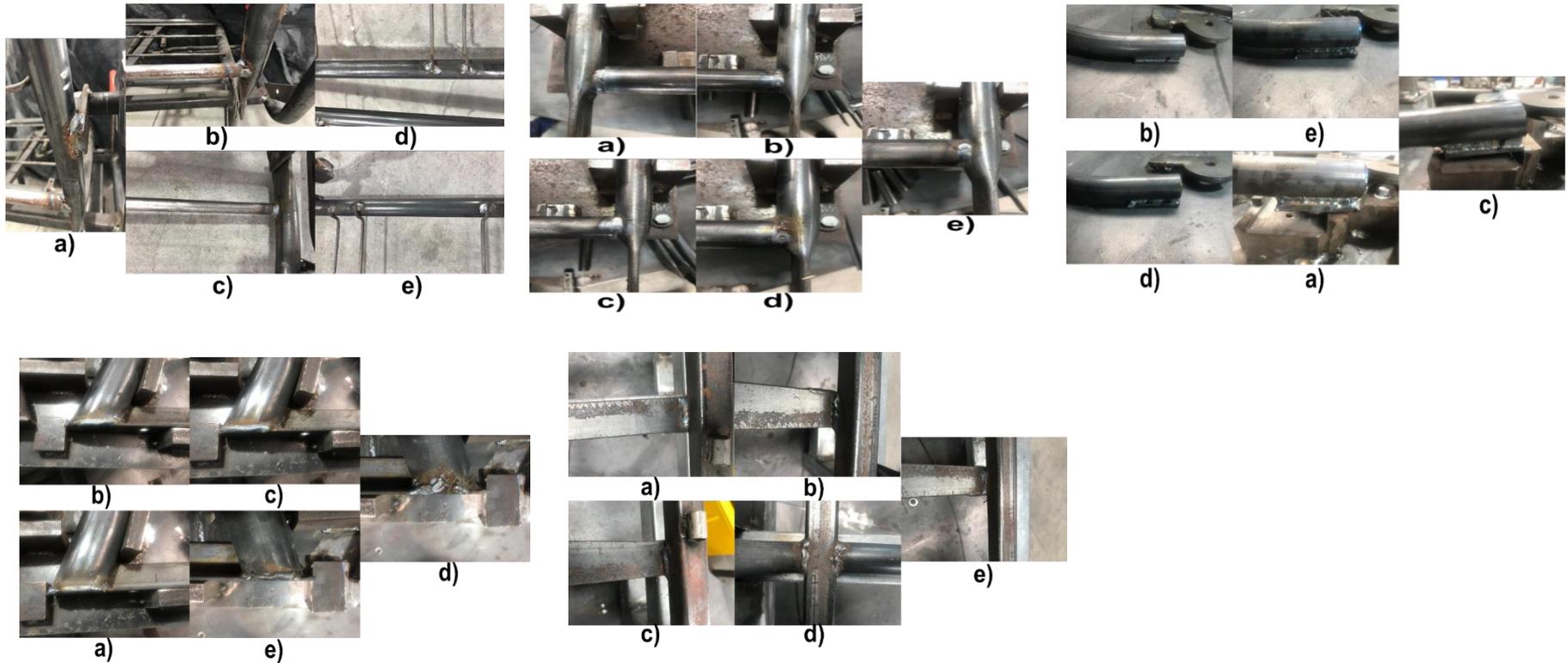
- Fase de diseño del robot
- Fase de diseño de la celda
- Fase de operación del sistema



# PRUEBAS Y RESULTADOS: Evaluación proceso de soldadura

Valores usados en la soldadura: 110 [A], 19 [V], 20 [Velocidad], 80 [mm/min]

Pruebas modo remoto



# VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

Variable dependiente:

**H0:** Tiempo de proceso de producción largo

$$X^2_{calc} = \sum \frac{(f_{real} - f_{teórica})^2}{f_{teórica}}$$

**H1:** Tiempo de proceso de producción corto

$$X^2_{calc} = 8.52$$

$$X^2_{tabla} = 7.779$$

	Espaldar	Cojín	Codera	Pata	Matrimonio	Total
Optimización de tiempo operario 1	50	38	57	22	46	213
Optimización de tiempo operario 2	56	43	67	20	50	236
Total	106	81	124	42	96	449

$X^2_{calc} > X^2_{tabla} \rightarrow H1$  es válida

Confiabilidad = 90 %



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# COSTOS

Descripción	Cantidad	Costo (\$)	Valor (\$)
Brazo Robótico GSK RH06	1	25.000	25.000
Estructura metálica	8	90	720
Mesa de apoyo	5	90	450
Planchas Jig'S	5	44	220
Bloques mecanizados Jig	1	320	320
Tornillo y pernos	100	0.50	50
Clamps manuales	25	34	850
Estructura de las pantallas	6	60	360
Acrílico Humo	5	120	600
Ruedas pantallas	20	12	240
Baliza	1	25	25
Elementos electrónicos	1	120	120
Estructura control	1	30	30
<b>TOTAL</b>			<b>28.985</b>



# CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó una celda de manufactura robotizada con un panel de control externo, cumpliendo con los requerimientos solicitados por la empresa MIVILTECH S.A, logrando flexibilidad en las estructuras de los Jigs de soldadura, robustez en la estructura general y eficiencia en el proceso general de soldadura para optimizar tiempos de producción.
- El correcto cumplimiento del proceso interno de una celda de manufactura es un punto crucial en el diseño de la celda, debido a que muchos sistemas fallan por la creación de celdas suboptimizadas donde no se cumple ni el trabajo asignado, ni sus funciones o interacciones con el operario, esto podría significar pérdidas económicas o disminución de margen para recuperar la inversión.



# CONCLUSIONES

- Se generaron varios programas para los movimientos del brazo robótico soldador GSK RH06 para luego ser operados mediante el modo REMOTE, permitiendo el manejo E/S del módulo GL 100-I propio del gabinete de control, las cuales se encuentran asignadas dentro de un programa principal para ser comandadas por el panel de control externo.
- El precio final de la implementación de la celda de manufactura y todos sus componentes bordea los \$3000.00 dólares americanos sin tomar en consideración el costo del brazo robótico y su sistema de soldadura, logrando así que la inversión sea recuperada a corto plazo por parte de la empresa.



# RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar tubo de acero estructural ASTM A36 para cualquier estructura, ya sea reemplazo de alguna parte o implementación de un nuevo segmento dentro la celda.
- Para que la celda de manufactura funcione sin ningún inconveniente es necesario mantener un ambiente limpio, que prolongue la vida útil de todos los componentes implementados y ordenado, con esto se evita que existan elementos ajenos a la celda que pueda producir accidentes.
- Es necesario que siempre exista un supervisor o persona capacitada a cargo de la celda de manufactura, quien se encuentre perfectamente capacitado para solucionar diversos problemas que pueda ocurrir y que deban ser solucionados desactivando el modo REMOTE.



*¡Gracias!*



**E S P E**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA