

# **Escola Universitària Politécnica de Mataró**

Centre adscrit a:



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA**

**Grado en Ingeniería Electrónica Industrial i Automàtica**

**CENTRO DE MECANIZADO ROBOTIZADO SCHUNK**

**MEMORIA TÉCNICA**

**DOCUMENTO (I)**

**ADRIAN ARMAYONES**

**PONENTE: JOAN TRIADÓ**

**PRIMAVERA 2016**



**TecnoCampus  
Mataró-Maresme**



## **Resum**

En aquest projecte es dissenya i programa una cèl·lula de mecanitzat robotitzat. La cèl·lula integra un robot central que interactua amb diferents estacions de treball. La finalitat del projecte és que el client amb la fabricació de la cèl·lula, pugui exposar, provar i ajustar els seus productes tant en les seves instal·lacions com fora d'aquestes, per tant a d'oferir un fàcil trasllat i instal·lació.

La realització del projecte integra el disseny elèctric, disseny pneumàtic , disseny d'ubicació dels components i programació del robot.

## **Resumen**

En este proyecto se diseña y programa una célula de mecanizado robotizada. La célula consta de un robot central que interactúa con diferentes estaciones de trabajo. La finalidad del proyecto es que el cliente con la fabricación de la célula robotizada, pueda exponer, probar y ajustar sus productos tanto en sus instalaciones como fuera de ellas, por lo que tiene que ofrecer un fácil traslado e instalación.

La realización del proyecto incluye el diseño eléctrico, diseño neumático, diseño de ubicación de componentes y programación robot.

## **Abstract**

This project has design and program a robot cell. The cell consists in a central robot with the interaction of different work stations. The aim of this project is that the costumer, with the production of the robot cell, can expose, test and adjust his products in both inside or outside of his facilities, so it has to offer an easy move and set up.

The realization of the project includes the electric design, the pneumatic design, the location of the components and the robot programming.



## Índice Memoria

Índice de figuras.....	V
Índice de tablas.....	IX
Glosario de términos .....	XI
Listado de leyes, regulaciones y normativas.....	XIII
1. Objetivo.....	15
1.1. Propósito.....	15
1.2. Finalidad .....	15
1.3. Objeto .....	15
1.4. Alcance .....	15
2. Introducción .....	17
2.1. Objeto del proyecto.....	17
2.2. Antecedentes y necesidades de información. ....	17
2.3. Alcance del proyecto. ....	22
3. Objetivos y especificaciones técnicas.....	25
4. Planteamiento de la solución .....	29
5. Suministros.....	31
5.1. Suministro neumático .....	31
5.1.1. Dimensionado compresor de aire .....	31
5.1.2. Dimensionado instalación de aire.....	34
5.2. Suministro eléctrico .....	37
5.2.1. Protecciones generales .....	37
5.2.2. Dimensionado mangueras eléctricas .....	39
6. Bancada.....	41
7. Controladora y armario interior .....	45
7.1. Protecciones eléctricas generales.....	46
7.2 Protección eléctrica controladora .....	46
7.3 Fuente de alimentación y protecciones.....	46
7.4 Relés interfaces maquina CNC.....	47
7.5 Bornero señales entradas/salidas .....	48
7.6 Bornero señales seguridad y emergencia.....	53

7.7	Diseño armario concentrador de señales .....	56
8.	Robot y Herramientas .....	59
8.1	Ubicación del robot .....	59
8.2	Conexiones suministro robot .....	60
8.3	Señales digitales del robot .....	62
8.4	Herramientas del robot .....	65
8.4.1	Herramienta cambio automático .....	65
8.4.2	Herramienta 2 dedos.....	68
8.4.3	Herramienta 3 dedos.....	73
8.4.4	Herramienta Desbarbador .....	78
8.4.5	Peso en la muñeca del robot .....	81
9.	Estaciones célula .....	83
9.1	Alimentador .....	84
9.1.1	Ubicación y detalles mecánicos .....	84
9.1.2	Eléctrico .....	86
9.1.2	Programación .....	88
9.2	Control de calidad.....	89
9.2.1	Ubicación y detalles mecánicos .....	89
9.2.2	Eléctrico .....	90
9.2.3	Programación .....	92
9.3	CNC .....	97
9.3.1	Ubicación y detalles mecánicos .....	97
9.3.2	Eléctrico .....	97
9.3.3	Programación .....	100
9.4	Estación de desbarbado .....	101
9.4.1	Ubicación y detalles mecánicos .....	102
9.4.2	Eléctrico .....	103
9.4.3	Programación .....	104
9.5	Zona de salida y de rechazo de piezas .....	105
9.5.1	Ubicación y detalles mecánicos .....	105
9.5.2	Eléctrico .....	107
9.5.3	Programación .....	107
9.6	Cambio de herramienta.....	108
9.6.1	Ubicación y detalles mecánicos .....	108
9.6.2	Programación .....	112

9.7 Panel de control .....	112
9.7.1 Ubicación y detalles mecánicos .....	113
9.7.2 Eléctrico .....	115
9.7.3 Programación .....	116
9.8 Ubicación final .....	117
10. Seguridades y emergencias .....	119
10.1 Vallado de seguridad .....	119
10.2 Emergencias.....	121
11. Programación .....	125
11.1 Consola Teach Pendant .....	125
11.2 Modos de funcionamiento .....	126
11.3 Configuración de la herramienta .....	127
11.4 Trayectorias .....	129
11.5 Posición Home.....	131
11.6 Simulador Roboguide .....	132
12. Planificación.....	137
13. Impacto medioambiental.....	145
14. Conclusiones .....	147
Referencias .....	151



## Índice de figuras.

Figura. 2.1 Venta de robots a nivel mundial .....	18
Figura. 2.2 Tendencia parque de robots en España .....	20
Figura. 4.1 Esquema diseño proyecto.....	29
Figura. 4.2 <i>Layout</i> estaciones célula.....	30
Figura. 5.1 <i>Layout</i> instalación neumática suministro .....	36
Figura. 5.2 <i>Layout</i> instalación eléctrica suministro.....	40
Figura. 6.1 Dimensiones bancada.....	42
Figura. 6.2 Bancada fabricada .....	42
Figura. 6.3 Interior bancada.....	43
Figura. 7.1 Pines conector .....	48
Figura. 7.2 Instalación conector .....	49
Figura. 7.3 Conector .....	49
Figura. 7.4 Conexión controladora entradas digitales .....	50
Figura. 7.5 Conexión controladora salidas digitales.....	51
Figura. 7.6 Bornero conexionado señales digitales .....	52
Figura. 7.7 Instalación manguera seguridad y emergencia .....	53
Figura. 7.8 Conexión salida de emergencia.....	54
Figura. 7.9 Conexión entrada emergencia y vallado .....	54
Figura. 7.10 Bornero conexionado señales seguridad y emergencia.....	55
Figura. 7.11 Mangueras entre controladora y armario concentrador .....	55
Figura. 7.12 <i>Layout</i> armario concentrador de señales .....	57
Figura. 8.1 Alcance robot .....	59

Figura. 8.2 Ubicación robot.....	60
Figura. 8.3 Robot instalado en bancada.....	61
Figura. 8.4 Conexiones robot .....	61
Figura. 8.5 Registro para instalación robot.....	62
Figura. 8.6 EE y válvulas internas.....	63
Figura. 8.7 Pineado conector EE .....	63
Figura. 8.8 Conexionado conector EE.....	64
Figura. 8.9 Circuito válvulas internas robot .....	64
Figura. 8.10 Adaptador SWK-Robot.....	67
Figura. 8.11 PGN plus .....	68
Figura. 8.12 Compensador TCU 050.....	69
Figura. 8.13 Pinza 2 dedos completa.....	70
Figura. 8.14 Pinza 2 dedos montada.....	71
Figura. 8.15 Reeds pinza 2 dedos .....	72
Figura. 8.16 PZN plus .....	74
Figura. 8.17 Compensador AGE-F.....	74
Figura. 8.18 Pinza 3 dedos completa.....	75
Figura. 8.19 Reeds pinza 3 dedos .....	77
Figura. 8.20 Desbarbador .....	78
Figura. 8.21 Desbarbador completo .....	79
Figura. 9.1 Layout estaciones célula .....	84
Figura. 9.2 Dimensiones bandeja .....	85
Figura. 9.3 Piezas en bandeja .....	86

Figura. 9.4 Ubicación bandeja y paso instalación .....	87
Figura. 9.5 Sensor inductivo.....	87
Figura. 9.6 Sensor inductivo.....	90
Figura. 9.7 Pineado conexión cámara.....	92
Figura. 9.8 Pieza redonda buena.....	94
Figura. 9.9 Pieza cuadrada mala .....	95
Figura. 9.10 Pieza cuadrada buena .....	96
Figura. 9.11 Pieza redonda mala .....	96
Figura. 9.12 KSP plus 100.....	101
Figura. 9.13 KSP con dedos y pieza .....	102
Figura. 9.14 Ubicación KSP .....	103
Figura. 9.15 Ubicación rechazo .....	106
Figura. 9.16 Ubicación salida .....	106
Figura. 9.17 SWM .....	109
Figura. 9.18 Montaje del TSS-3314 .....	109
Figura. 9.19 Ubicación cambio herramienta .....	111
Figura. 9.20 Distribución herramientas .....	112
Figura. 9.21 Escuadra del panel de control .....	113
Figura. 9.22 Ubicación panel de control.....	114
Figura. 9.23 Pieza sujeción consola .....	114
Figura. 9.24 Botonera 3 Posiciones .....	115
Figura. 9.25 Ubicación final componentes .....	117
Figura. 9.26 <i>Layout</i> instalación eléctrica.....	118

## VIII

Figura. 10.1 <i>Layout</i> vallado.....	120
Figura. 10.2 Seta de seguridad.....	122
Figura. 11.1 Teach Pendant .....	126
Figura. 11.2 Selector de modo.....	126
Figura. 11.3 TCP 3 puntos.....	128
Figura. 11.4 Tipos de movimiento .....	129
Figura. 11.5 Precisión.....	131
Figura. 11.6 Elementos de la simulación.....	133
Figura. 11.7 Entradas/salidas simulador.....	134
Figura. 11.8 Simulación del programa .....	134
Figura 12.1 Diagrama de Gantt .....	139
Figura 12.2 Diagrama de Gantt ejecución.....	143

## Índice de tablas.

Tabla 2.1. Tabla unidades instaladas por países .....	19
Tabla 5.1. Tabla consumos y presiones neumáticas .....	32
Tabla 5.2. Tabla datos volumen tanque .....	33
Tabla 5.3. Tabla consumos y presiones generales .....	35
Tabla 5.4. Tabla consumos eléctricos generales.....	37
Tabla 7.1. Tabla consumos eléctricos.....	47
Tabla 8.1. Pineado robot-SWK.....	66
Tabla 8.2. Pineado EE-SWK .....	66
Tabla 8.3. Pineado SWA/2 dedos .....	73
Tabla 8.4. Pineado SWA/3 dedos .....	78
Tabla 8.5. Pineado SWA/Desbarbador.....	81
Tabla 9.1. Piezas SWM .....	110
Tabla 10.1. Identificación de peligros .....	119
Tabla 12.1. Tabla tareas proyecto.....	138
Tabla 12.2. Tabla costes directos del proyecto.....	140
Tabla 12.3. Tabla tareas fase ejecución .....	142
Tabla 12.3. Costes directos del proyecto fase ejecución .....	144
Tabla 13.1. Tablas resumen análisis medioambiental .....	146



## Glosario de términos

3D	Tres dimensiones
A	Amperios
CE	Conformidad Europea
cm	centímetros
CNC	Control Numérico
dB	Decibelio
DB15	D-subminiature 15 pins
DC	Corriente continúa
EE	End effector
FC	Final de Carrera
Hp	Horse power
Hz	Hercios
ITC	Instrucción técnica complementaria
KVA	Kilo Voltio Amperio
KW	Kilowatios
l/min	litros/min
m <sup>3</sup> /h	metros cúbicos/hora
M5	métrico 5
mA	miliamperios
mm	milímetros

## XII

ms	milisegundos
Nm	Newton metro
PIA	Pequeño Interruptor Automático
PLC	Controlador Lógico Programable
PNP	Positivo Negativo Positivo
PR	Registro de posición
RD	Real Decreto
UD	Unidad
UNE	Una Norma Española
V	Volts

## Listado de leyes, regulaciones y normativas

Se identifican todas y cada una de las leyes, las cuales han regido el proyecto:

- **Licencias de propiedad intelectual**
  - Ley de propiedad intelectual 1/1996.
  
- **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión real decreto 842/2002 :**
  - ITC-BT-02 Normas de referencia en el reglamento electrotécnico de baja tensión.
  - ITC-BT-04 Documentación y puesta en servicio de las instalaciones
  - ITC-BT-10 Previsión de cargas para suministros en Baja tensión.
  - ITC-BT-28 Instalaciones en locales de pública concurrencia.
  
- **Seguridad y salud para los equipos de trabajo :**
  - Real Decreto 1215/1997
  
- **Prevención i Control ambiental:**
  - Real Decreto 110/2015 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
  - Ley PCA 20/2009 Licencia ambiental.
  
- **Normes UNE**
  - UNE-EN ISO 10218: Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales.
  - UNE-EN ISO 14122: Seguridad en máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas e instalaciones industriales.
  - UNE-EN ISO 20460: Instalaciones eléctricas en edificios.



# 1. Objetivo

## 1.1. Propósito

El proyecto pretende dar solución al diseño, desarrollo y programación de una célula robotizada, cumpliendo especificaciones y normativas.

## 1.2. Finalidad

La finalidad del proyecto es que el cliente con la fabricación de la célula robotizada, pueda exponer, probar y ajustar sus productos tanto en sus instalaciones como fuera de ellas.

## 1.3. Objeto

El objeto del proyecto es realizar el diseño y programación de una célula robotizada para la exposición de productos de la empresa SCHUNK. Dicha célula tiene que ofrecer un fácil traslado e instalación, se ha de diseñar como si de un equipo industrial se tratase, por lo que se ha de tener en cuenta normativas, seguridades, protección, programación, estética y uso de carácter industrial.

## 1.4. Alcance

La realización del proyecto incluye el diseño eléctrico (Acometidas e interface de señales de maniobra y seguridad), diseño neumático (dimensionado instalación y esquema de control neumático), diseño mecánico (*layout* ubicación componentes y dimensiones célula) y programación robot.

No se realizará la instalación, fabricación ni montaje de los componentes, el proyecto no incluye estudios ni pruebas para la homologación del producto, ni tampoco se realizará el certificado CE de la célula



## **2. Introducción**

### **2.1. Objeto del proyecto.**

El objeto del proyecto es realizar el diseño y programación de una célula robotizada para la exposición de productos de la empresa SCHUNK, ha de mostrar productos de dicha empresa para que estos pueden ser expuestos y testados.

El cliente utilizará la célula robotizada para mostrar sus productos tanto en sus instalaciones como fuera de ella, por lo que tiene que ofrecer un fácil traslado e instalación.

La célula no realizará trabajos de producción en serie, pero si se ha de diseñar como si de un equipo industrial se tratase, debido a que los productos expuestos engloban este mercado; por lo que se ha de tener en cuenta normativas, seguridades, protección, programación, estética y uso de carácter industrial.

### **2.2. Antecedentes y necesidades de información.**

En el transcurso de los últimos años se ha introducido en el mundo industrial la noción de “robótica” con un significado y una fuerza que pueden reconfigurar grandemente los esquemas tradicionales sobre los que se asientan los conceptos vigentes de automatización y productividad industrial.

La capacidad del robot industrial para reconfigurar su ciclo de trabajo, unida a la versatilidad y variedad de sus elementos terminales, permite asimismo que pueda adaptarse fácilmente a la evolución o cambio de los procesos de producción de empresas, facilitando su reconversión.

La programabilidad y adaptabilidad de los robots industriales les convierte en elementos esenciales de los denominados sistemas de fabricación flexible, dichos sistemas pueden alterar su protocolo de trabajo para ajustarse a las demandas variables de producción, y teniendo en cuenta los recientes progresos en los campos de la inteligencia y visión artificial, los robots industriales obtienen información de su entorno y adaptan su comportamiento a las modificaciones del mismo, sin necesidad de intervención de un operario o de un programador.[5]

Debido al cambio y progresión de las instalaciones robotizadas, se realiza un estudio de las diferentes soluciones que ofrece el mercado. Lo primero que nos encontramos es que todos los integradores de robots no se comprometen con una marca de robot exclusiva sino que están abiertos a cualquier fabricante, realizando el diseño e instalación de células a medida.

Cuando se habla de célula nos referimos a sistemas de fabricación flexible, la clave está en el empleo del robot, aprovechando al máximo la capacidad del mismo para memorizar distintas secuencias de operación, incluso de cambiar la operación en sí, a partir de la información recibida desde un computador superior o desde un conjunto de sensores. [5]

Los fabricantes e integradores de células hacen gran énfasis en dos aspectos a la hora de plantear un proyecto: primero un buen estudio previo para evitar problemas en la realización del proyecto y segundo realizar células de fácil manejo, para que cualquier operario le pueda dar uso sin una gran formación previa. Todos coinciden en el mismo punto, el gran ritmo de progresión del mercado que tienen las células robóticas y los robots industriales en general.

Según “World robotics 2015”; una importante publicación en el mundo de la robótica industrial que publica año tras año estadísticas mundiales completas sobre robots industriales; esta tendencia está en crecimiento, como se puede ver en la figura 2.1, el aumento de la venta de robots es cada vez mayor.

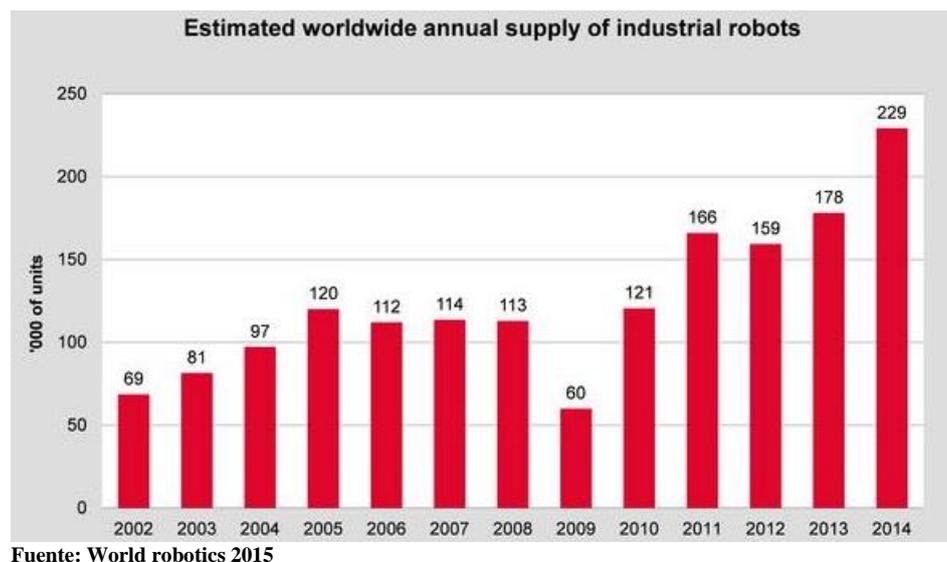


Figura. 2.1 Venta de robots a nivel mundial

Otro dato importante que nos ofrece “World robotics 2015” es la previsión para 2018, donde se prevé la instalación de 1.3 millones de robots industriales entre 2015 y 2018.

En tabla 2.1 se puede observar la previsión entre 2015 y 2018 por países.

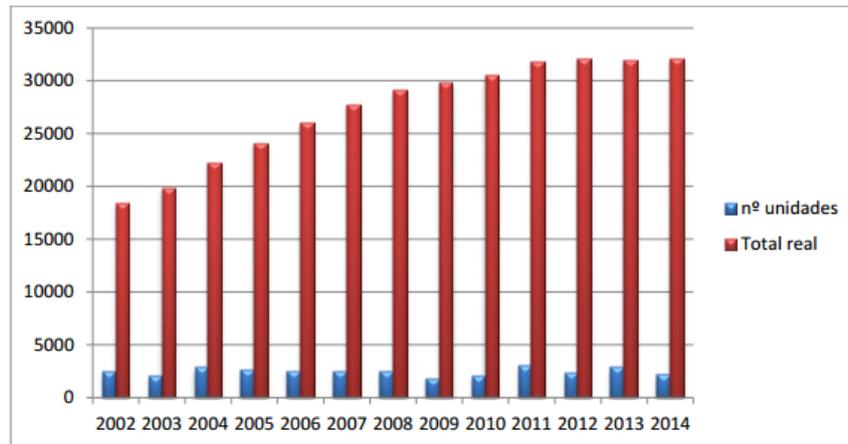
En España la tendencia es positiva pero con un incremento menor en relación a las grandes potencias, según la asociación española de robótica y automatización de tecnologías de la producción “AER-ATP”, comenta: “A la vista de los primeros datos que muestra la estadística realizada se puede señalar que el número de unidades totales instaladas asciende a 2.129 unidades, lo que significa una disminución del -25% en relación al número de unidades instaladas en el ejercicio anterior y un incremento del 6,6% del número total de robots incorporados al parque nacional”[1].

<b>Country</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015*</b>	<b>2018*</b>
<b>America</b>	<b>30,317</b>	<b>32,616</b>	<b>36,200</b>	<b>48,000</b>
Brazil	1,398	1,266	1,000	3,000
North America (Canada, Mexico, USA)	28,668	31,029	35,000	44,000
Other America	251	321	200	1,000
<b>Asia/Australia</b>	<b>98,807</b>	<b>139,344</b>	<b>169,000</b>	<b>275,000</b>
China	36,560	57,096	75,000	150,000
India	1,917	2,126	2,600	6,000
Japan	25,110	29,297	33,000	40,000
Republic of Korea	21,307	24,721	29,000	40,000
Taiwan	5,457	6,912	8,500	12,000
Thailand	3,221	3,657	4,200	7,500
other Asia/Australia	5,235	15,535	16,700	19,500
<b>Europe</b>	<b>43,284</b>	<b>45,559</b>	<b>49,500</b>	<b>66,000</b>
Czech Rep.	1,337	1,533	1,900	3,500
France	2,161	2,944	3,200	3,700
Germany	18,297	20,051	21,000	25,000
Italy	4,701	6,215	6,600	8,000
Spain	2,764	2,312	2,700	3,200
United Kingdom	2,486	2,094	2,400	3,500
other Europe	11,538	10,410	11,700	19,100
<b>Africa</b>	<b>733</b>	<b>428</b>	<b>650</b>	<b>1,000</b>
not specified by countries**	4,991	11,314	8,650	10,000
<b>Total</b>	<b>178,132</b>	<b>229,261</b>	<b>264,000</b>	<b>400,000</b>

Fuente: World robotics 2015

Tabla 2.1. Tabla unidades instaladas por países

Tendencia del parque de robots en España, figura 2.2:



Fuente: AER-ATP

Figura. 2.2 Tendencia parque de robots en España

Referente a los fabricantes de robots industriales hay 3 grandes potencias, ABB , KUKA y FANUC que acaparan prácticamente todo el parque de robots en ESPAÑA, debido a su implantación en el sector del automóvil, pero se hará referencia al fabricante FANUC ya que es el fabricante asignado por el cliente para el proyecto.

Según Humberto Rodríguez responsable comercial de FANUC en Cataluña, en una entrevista concedida al portal de automatización “INFO PLC” [2], “la fiabilidad es sin duda el punto más destacado de FANUC”.

FANUC es un fabricante japonés de robots y máquinas de control numérico, que nació como una filial de Fujitsu para desarrollar controles numéricos en 1956, en 1992 se establece FANUC robotics IBÉRICA S.L. en España. FANUC fabrica 5000 robots mensuales, dispone de robots para todo tipo de aplicaciones desde 0.5 kg hasta 1350kg de carga y alcances desde 700 mm hasta 4683 mm. A nivel constructivo se trata de robots de 4, 5 y 6 ejes, en configuración antropomorfa y delta. [2]

El control i programación de los robot FANUC da mucha flexibilidad y la facilidad de conexión con otros equipos, lo hace de muy fácil integración en células de fabricación, utiliza un controlador R-30iB y la consola iPendant que garantizan rendimiento en tiempos de ciclo, velocidad, precisión y seguridad del robot. [3]

En la web de FANUC se encuentra toda la documentación técnica necesaria para el proyecto y manuales de programación, FANUC utiliza un lenguaje de programación estructurado de alto nivel llamado Karel.

Otra área de información es la empresa SCHUNK, el cliente del proyecto, todos los accesorios del robot y las estaciones auxiliares de la célula van equipados con sus productos. SCHUNK es una empresa alemana que fabrica herramientas de sujeción y agarre en diferentes ubicaciones y las comercializa en el mundo entero, son reconocidos a nivel internacional como referentes en investigación y desarrollo dentro del campo de la robótica y la automatización.

Los productos en los que se centra el proyecto son accesorios para robot y sujeción, después de visitar las instalaciones de SCHUNK se realiza una investigación de los diferentes productos que ofrece, para poder determinar los que se pueden utilizar en el proyecto.

Otro de los detalles a estudiar es el importante impacto social que comporta el tema relacionado con la seguridad de los robots, en el ámbito industrial los robots se utilizan como una de las herramientas más seguras y se debe acelerar la investigación y desarrollo en este sentido.

Isaac Asimov, el mago de la ciencia ficción, autor de diversas obras sobre robots, reunió nueve medidas de seguridad en un libro titulado “Yo, el robot”. De aquí salieron las 3 famosas leyes de la robótica:

1ª un robot no debe dañar a un ser humano ni, por pasividad, tolerar su daño.

2ª un robot debe siempre obedecer a los seres humanos, excepto en caso de contradicción con la primera ley.

3ª un robot debe auto protegerse, excepto en caso de contradicción con las dos primeras leyes.

Esta especie de código ético de la robótica resume perfectamente bien el principio esencial de seguridad que debe presidir cualquier concepción, realización o explotación de un sistema robotizado.

Cada instalación deberá ser objeto de un estudio exhaustivo de la seguridad, integrando las medidas constructivas previstas por el fabricante en relación a sus equipos y las medidas y equipos complementarios necesarios para alcanzar un nivel razonable y suficiente de seguridad, pues la seguridad absoluta no existe, ni aun a costa de un precio elevado. Donde sea que trabajen personas puede haber accidentes. [5]

Como se comenta anteriormente, los integradores de este tipo de instalaciones coinciden en la realización de un buen estudio previo para evitar problemas en la realización del proyecto, por lo que es importante un estudio de las directivas y normas que rigen este tipo de aplicación, porque será de gran ayuda para realizar de manera más óptima el proyecto.

### **2.3. Alcance del proyecto.**

El proyecto pretende dar solución al diseño y desarrollo de una célula robotizada, para exponer productos de la empresa SCHUNK.

Tras reunirnos con SCHUNK, se determina lo siguiente:

- Funcionalidad básica de la célula robotizada:
  - Un robot central carga y descarga piezas a una máquina de mecanizado CNC.
  - La pieza descargada se desbarba.
  - Seguidamente ha de pasar un control de calidad.
  - Dependiendo del resultado del control, la pieza será descartada o se depositará en la zona de salida.
- Elementos de la célula fijados:
  - Robot central: FANUC LRMate-200iD
  - Máquina CNC: Robodrill D21MiA5

Aunque se fije como elemento la máquina de CNC, la célula no la incluye implícitamente, ya que si se tiene que trasladar fuera de sus instalaciones la máquina es muy pesada y voluminosa. Por lo que para el diseño se tendrá en cuenta como una estación opcional independiente, la célula podrá trabajar o no con la máquina. El CNC no se programará,

en la célula se preparará un conector con las señales básicas de comunicación para poder trabajar opcionalmente con la máquina.

Otro detalle que se trata con el cliente es como se suministrará el material a trabajar por la célula, serán unas piezas cilíndricas y rectangulares, de aproximadamente lado o diámetro 6cm y una altura de 10-12 cm.

La sala de exposiciones del cliente no está acondicionada para el uso de este tipo de equipos, por lo que se nos pide dimensionar los equipos neumáticos y las acometidas de las máquinas a instalar.

Por lo tanto teniendo en cuenta los condicionantes anteriores, la realización del proyecto incluye:

- Diseño eléctrico:
  - Acometida máquina CNC
  - Acometida célula robotizada
  - Acometida compresor de aire comprimido
  - Interface señales maniobra y seguridad de la célula
- Diseño neumático:
  - Características compresor de aire (Teniendo en cuenta todos los equipos que se expondrán en las instalaciones del cliente)
  - Dimensionado de la instalación de la célula
  - Dimensionado de la instalación de la máquina CNC.
  - Esquema control neumático de los componentes de la célula
- Diseño mecánico
  - *Layout* ubicación componentes
  - Dimensiones célula
- Programación
  - Robot principal FANUC LR Mate-200iD
- Puesta en marcha
  - Comprobación señales
  - Pruebas de funcionamiento

Debido a que se tienen que mostrar varios productos de la marca SCHUNK, con el cliente se acota el uso de los mismos en función de las estaciones de trabajo. Al robot principal se le equipará con el equipo de cambio automático de herramienta, para manipular las piezas se utilizarán 2 tipos diferentes de garras (2 dedos y 3 dedos), para la estación de desbarbado se utilizará la herramienta de SCHUNK para este fin, al igual que una brida para sujetar la pieza en la base de la estación y en general algún accesorio para el robot principal que se acabará de determinar más adelante.

La célula será equipada con un sistema de seguridad para evitar cualquier lesión por acción mecánica, por lo que se evaluarán los riesgos y se realizará el diseño eléctrico del sistema de seguridad como también los componentes que la componen, pero no se realizará el diseño mecánico.

Debido a la superficie donde se ubicará la célula y a que esta puede trasladarse a ferias y eventos, no se puede anclar al suelo, por lo que no se asegura un funcionamiento del robot a pleno rendimiento, esto no es un problema debido a que la célula no entrará en producción.

La puesta en marcha de la célula se realizará en las instalaciones de SCHUNK, en el local de la planta baja de la torre 3 del TECNOCAMPUS.

No se realizará la instalación, fabricación ni montaje de los componentes, el cliente lo subcontratará, pero en todo momento se tendrá un *feedback* con el equipo instalador. Por lo tanto el cliente se hace cargo tanto de la compra de material como de la instalación y montaje del proyecto, sí que se le facilitará las características de los equipos y componentes.

No se incluyen estudios ni pruebas para la homologación del producto, ni tampoco se realizará el certificado CE de la célula.

### 3. Objetivos y especificaciones técnicas

El objetivo principal del proyecto es el diseño y programación de una célula robotizada para la exposición de productos de la empresa SCHUNK, toda la célula trabaja a partir de un robot principal que ejecuta gran parte del trabajo, sus principales características son:

- Robot principal -FANUC LRMate-200iD
  - Robot antropomorfo de 6 ejes
  - Alcance 717mm
  - Carga máxima 7Kg

La funcionalidad general de la célula es de mecanizar piezas, el robot las ha de cargar en la maquina CNC y este se encarga del mecanizado; posteriormente el robot descarga la pieza para transportarla a la estación de desbarbado donde el propio robot ha de desbarbar la pieza, posteriormente pasará un control de calidad, este control ha de determinar si el robot rechaza la pieza o la deposita en la zona de salida.

Para que la célula trabaje de forma automática y sin causar colisiones, el robot principal tendrá que comunicarse con el resto de las estaciones:

- Señales digitales 24VDC interface entradas/salidas
  - 20 entradas digitales del robot
  - 20 salidas digitales del robot
  - Armario concentrador de señales
  - Señales entradas/salidas equipo de control de calidad
  - Sensores presencia alimentador piezas
  - Válvulas control herramienta del robot
  - Señales entradas/salida equipo cambio herramienta
  - 16 entradas digitales CNC
  - 16 salidas digitales CNC
  - Sensores herramienta robot

La célula ha de mostrar productos del cliente, por lo que habrá que escoger los productos más acordes para esta aplicación, como sabemos la funcionalidad, podemos definir aproximadamente las características de los productos:

- Cambio de herramienta automático
  - Serie SWS
  - Carga máxima 8Kg
  - Fuerza de apriete 700N
- Pinza 2 dedos
  - Peso 0.6Kg
  - Fuerza de apriete 1000N
  - Carga máxima 6Kg
- Pinza 3 dedos
  - Peso 0.79Kg
  - Fuerza de apriete 1000N
  - Carga máxima 5Kg
- Desbarbado
  - Peso 1.1Kg
  - 65000 RPM
  - 150 W (Potencia neumática)
- Brida sujeción estación desbarbado
  - Peso 1.5Kg
  - Fuerza apriete 4500N
  - Distancia máxima brida 8cm

Como se ha comentado en el capítulo de antecedentes, un detalle muy importante en la fabricación e instalación de este tipo de células, es que sea de fácil uso para el operario; por lo que se equipará a la célula con un panel de control para controlar y conocer el estado de la aplicación:

- Panel de mandos
  - Pulsadores y selectores
  - Piloto de señalización
  - Interconexión señales con el robot principal

- Consola programación robot TeachPendant
  - Programación puntos
  - Programación secuencia programa
  - Diagnóstico de posibles averías/fallos
  - Conexión directa con el controlador

Se ha de equipar a la célula con un sistema de protección frente a peligros mecánicos, para evitar cualquier lesión por acción mecánica, la célula tendrá un sistema de seguridad para que en el momento que se acceda a la zona de trabajo nos aseguremos que no se corre ningún peligro.

- Vallado de seguridad: El vallado de seguridad permitirá trabajar en automático siempre que esté cerrado, solo se podrá mover con la puerta abierta algún elemento de la estación cuando trabajemos en modo manual.
  - Tarjeta seguridad vallado robot
  - Cierre seguridad puerta vallado con enclavamiento a 24VDC
  - Control vallado desde panel de control
- Pulsadores de emergencia: se repartirán pulsadores de seguridad por toda la célula como marca normativa, en el caso de accionar cualquiera de ellos la célula parará inmediatamente.
  - Tarjeta seguridad emergencia robot
  - Pulsadores de emergencia
  - Relé de seguridad de doble canal con rearme manual.

La potencia general de la célula es de unos 3 KW 220V 1 fase 50HZ sin contar con la máquina de CNC, la instalación y protección de la acometida ha de ser segura, igual que la de CNC que es de aproximadamente 8 KW 3 fases 220V 50HZ.

La célula ha de diseñarse como si de un equipo industrial se tratase, por lo que hay que tener en cuenta detalles como el tipo de componentes, la estética, la normativa, las condiciones de trabajo, repetibilidad, fatigas, etc...

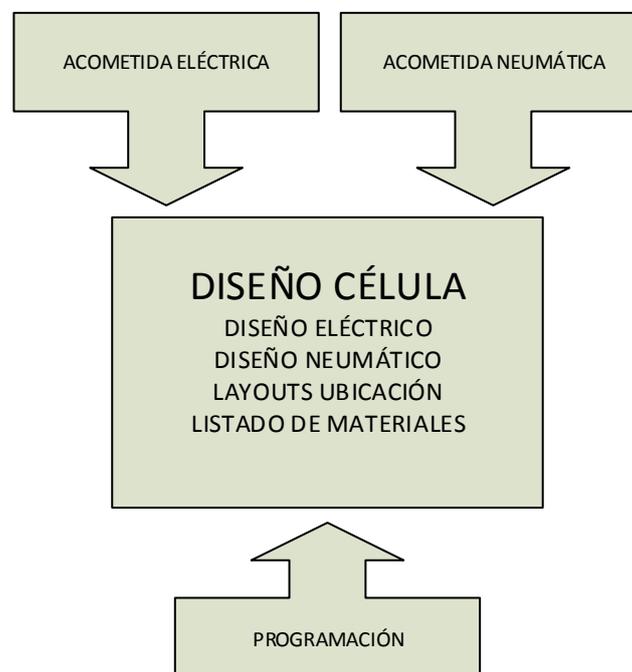
El cliente utilizará la célula robotizada para mostrar sus productos tanto en sus instalaciones como fuera de ella, por lo que tiene que ofrecer un fácil traslado e

instalación, también hay que tener en cuenta la imagen corporativa de la empresa en el diseño.

## 4. Planteamiento de la solución

Para realizar el diseño de la célula se plantea el trabajo en 3 etapas claramente diferenciadas, inicialmente se diseña el suministro para la célula, tanto eléctrico como neumático. Seguidamente se centra el trabajo en el diseño de la propia célula, *layouts* de ubicación, diseño eléctrico, diseño neumático, selección de componentes, diseño mecánico de piezas especiales; trabajando respeto a cada una de las estaciones, para después unir todo el trabajo en una única solución. Para finalizar se analizan las peculiaridades de la programación de la célula, aunque en cada estación se define el comportamiento del programa.

El diseño eléctrico se ha realizado de manera conjunta, con una única solución en el diseño del esquema, del *layout* de la instalación, del listado de materiales, etc.; pero para facilitar la redacción de esta memoria y la comprensión del diseño, se define la solución por estaciones, lo mismo sucede con el diseño neumático y mecánico.



Fuente: Elaboración propia

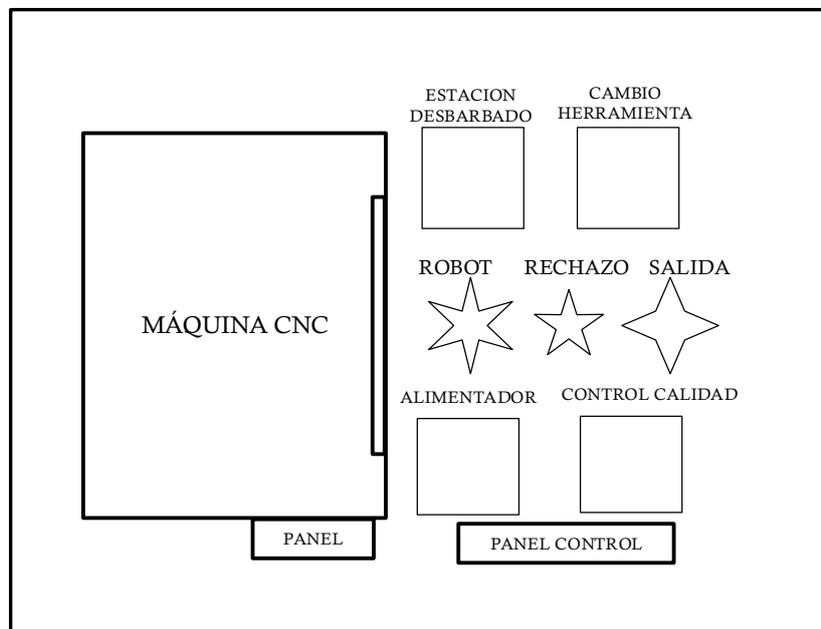
Figura. 4.1 Esquema diseño proyecto

La etapa central del diseño de la célula se divide en varios capítulos, se inicia con el diseño de la bancada de trabajo y su interior, la controladora y el armario de señales y el robot y sus posiciones, para finalizar detallando cada estación la relación que tienen con estos en cuanto a señales, ubicación y programación. En todas las estaciones se define la ubicación de la estación y los elementos que la componen respecto a la bancada y al robot.

Para una correcta comprensión del diseño de la célula se tiene que tener claro la funcionalidad.

La funcionalidad de la célula es de mecanizar piezas, el robot en función del tipo de pieza que coja del alimentador la ha de cargar en la maquina CNC y esta se encarga del mecanizado; posteriormente el robot descarga la pieza para transportarla a la estación de desbarbado, donde el propio robot ha de desbarbar la pieza para después darle salida hacia la siguiente máquina. Para saber el tipo de pieza que tiene el robot se utiliza la estación de control de calidad, si la pieza que coge el robot no es la que se ha de mecanizar, este la depositará en la zona de rechazo.

Las estaciones y su ubicación es la siguiente:



Fuente: Elaboración propia

Figura. 4.2 *Layout* estaciones célula

## 5. Suministros

La célula para poder trabajar necesita 2 fuentes de energía; eléctrica y neumática. En este capítulo se realiza el diseño del suministro tanto eléctrico como mecánico, teniendo en cuenta los recursos del local donde se instalará la máquina.

### 5.1. Suministro neumático

El local donde se instalará la maquina no cuenta con un compresor de aire que proporcione la energía neumática, por tanto inicialmente hay que dimensionar el compresor de aire que aportará energía a todos los componentes neumáticos que se instalarán en el local; para posteriormente dimensionar la instalación neumática de la célula y la CNC.

#### 5.1.1. Dimensionado compresor de aire

Para dimensionar el compresor se tienen que seguir una serie de pasos para establecer las características del equipo.

##### -Identificación de sistemas y elementos neumáticos

Para determinar todos los equipos que ha de alimentar el compresor se mantiene una reunión con el cliente, después de la reunión se determina la siguiente lista de equipos:

- CNC robodrill
- Célula robotizada
- Robot cartesiano
- 8 mesas de exposición

##### -Estimación de consumo y presiones de los equipos

En este paso se ha de estimar el consumo de todos los dispositivos y sus presiones de trabajo, para determinar estos valores se necesita la ayuda del cliente e información de los fabricantes de los equipos.

Para la CNC y los elementos de la célula se realiza la búsqueda de las características de sus componentes y para los equipos adicionales que el cliente quiere instalar, el propio cliente determina las características de estos.

Para el consumo se ha de tener en cuenta la simultaneidad del uso de los equipos, para la CNC se establece un coeficiente de simultaneidad alto, ya que necesita el uso de aire durante casi todo el ciclo de trabajo; en cambio los elementos de la célula el uso es más ocasional, por lo que se establece un coeficiente bajo de consumo.

Por lo tanto recopilando toda la información, se tiene:

	EQUIPOS	Consumo teórico (m <sup>3</sup> /h)	simultaneidad	Consumo (m <sup>3</sup> /h)	Presión (bar)
1	Robodrill CNC	9	0,7	6,3	5,5
2	Robot Fanuc(desbarbado)	14	0,4	5,6	4 (5,5 change tool)
	Robot Fanuc(pinza)	4,32			6 (5,5 change tool)
3	Brida desbarbado	3	0,1	0,3	9
5	Cartesiano	5	0,5	2,5	6
6	Mesa1	5	0,25	1,25	6
7	Mesa2	5	0,25	1,25	6
8	Mesa3	5	0,25	1,25	6
9	Mesa4	5	0,25	1,25	6
10	Mesa5	5	0,25	1,25	6
11	Mesa6	5	0,25	1,25	6
12	Mesa7	5	0,25	1,25	6
13	Mesa8	5	0,25	1,25	6
				24,7	9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.1. Tabla consumos y presiones neumáticas

Para un mejor ajuste se han de tener en cuenta 2 factores importantes, por un lado las fugas de la instalación y por otro lado el posible uso de equipos auxiliares, como pistolas u otros instrumentos. Al ser una instalación pequeña se estipulan factores pequeños, un 3% en fugas y un 2% en equipos auxiliares.

Teniendo en cuenta los factores se tiene un caudal de 25.935 m<sup>3</sup>/h o 432.25 l/min.

Ya se tienen las características principales para determinar el compresor de aire necesario, faltaría el último paso, determinar el volumen del tanque.

-Estimación volumen tanque

Se necesitan conocer diferentes datos (5.1):

- Presión máxima de trabajo  
Esta es la presión máxima que se quiere fijar para trabajar, en este caso 9 bares.
- Presión mínima de trabajo  
Esta es la presión mínima que puede aceptar la instalación, en este caso 4 bares.
- Tiempo de mantenimiento  
Es el tiempo que parará el compresor con los equipos trabajando al máximo rendimiento, se establece en 3 min ya que nunca se trabajará a máximo rendimiento, por lo que este tiempo siempre será mayor.

$$V = \frac{tmant}{\frac{Pmax-Pmin}{Q}} \quad (5.1)$$

Volumen tanque		
Presión final	9	bar
Presión inicial	4	bar
caudal	25,935	m <sup>3</sup> /h
tiempo mant.	3	min
VT	259,35	L

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.2. Tabla datos volumen tanque

Ya se tienen definidos todas las características del compresor:

- Caudal. 432.25 l/min
- Presión máxima: 9 bares
- Volumen tanque: 259.35 l

Antes de dar una solución final, hay que tener en cuenta 2 detalles que pide el cliente. El primero es que el tanque y el compresor estén por separado ya que para el traslado y la ubicación del mismo es mucho más sencillo; y segundo que al estar el compresor en la sala donde se realizaran exposiciones y formaciones, tiene que ser lo más silencioso posible.

Se habla con el distribuidor y este ofrece un equipo con las siguientes características:

**-COMPRESOR ABAC SPINN 410**

- 470 l/min
- 5.5HP
- 10 bar
- 62 db
- Alimentación trifásica

**-CALDERIN VERTICAL ABAC DV270**

- 270 L
- 500\*500\*1650
- 80Kg
- 10 bares

El proveedor recomienda un calderín tipo vertical, para ocupar el menor espacio posible, y que si el cliente lo desea se puede guardar dentro de un armario. El sonido que produce el compresor a máximo rendimiento es de 62 db, es un volumen menor que el de una lavadora, por lo que se cumple la premisa que demanda el cliente.

**5.1.2. Dimensionado instalación de aire**

Para determinar los diferentes elementos que se necesitan para la instalación, se ha de marcar la velocidad del aire en el tubo, normalmente el fabricante recomienda entre 6-10 m/s en línea principal y 15-22 m/s en acometida, en este caso al tener una acometida principal muy corta de apenas 8 m, se coge como velocidad general 20 m/s para todas la tuberías.

Como se ha visto anteriormente las maquinas a alimentar y sus caudales están en la tabla 5.3.

Teniendo para la acometida principal un caudal de 432.25 l/min y una presión de 9 bares, se determina la medida interior de la tubería (5.2):

$$Q = 432.25 \text{ l/min} = 0.0072041 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{int} = \sqrt{\frac{Q*4}{v*\pi}} = \sqrt{\frac{0.0072041*4}{20*\pi}} = 21mm \quad (5.2)$$

	EQUIPOS	Consumo teórico (m <sup>3</sup> /h)	simultaneidad	Consumo (m <sup>3</sup> /h)	Presión (bar)
1	Robodril CNC	9	0,7	6,3	5,5
2	Célula robotizada	15	0,4	6	9
3	Cartesiano	5	0,5	2,5	6
4	Mesas	40	0,25	10	6
				24,8	9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3. Tabla consumos y presiones generales

Para la acometida principal se utiliza un tubo de medida interior 20mm, al ser una medida estándar y estar el caudal sobre dimensionado.

Calculo de la medida de las acometidas:

- CNC (5.3)

$$Q = 105 \text{ l/min} = 0.00175 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{int} = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{0.00175 \cdot 4}{20 \cdot \pi}} = 10 \text{ mm} \quad (5.3)$$

- Célula robotizada (5.4)

$$Q = 100 \text{ l/min} = 0.00166 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{int} = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{0.00166 \cdot 4}{20 \cdot \pi}} = 10 \text{ mm} \quad (5.4)$$

- Robot cartesiano (5.5)

$$Q = 41.6 \text{ l/min} = 0.000693 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{int} = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{0.000693 \cdot 4}{20 \cdot \pi}} = 6.7 \text{ mm} \quad (5.5)$$

- Mesas expositoras (5.6)

$$Q = 166.6 \text{ l/min} = 0.00276 \text{ m}^3/\text{s}$$

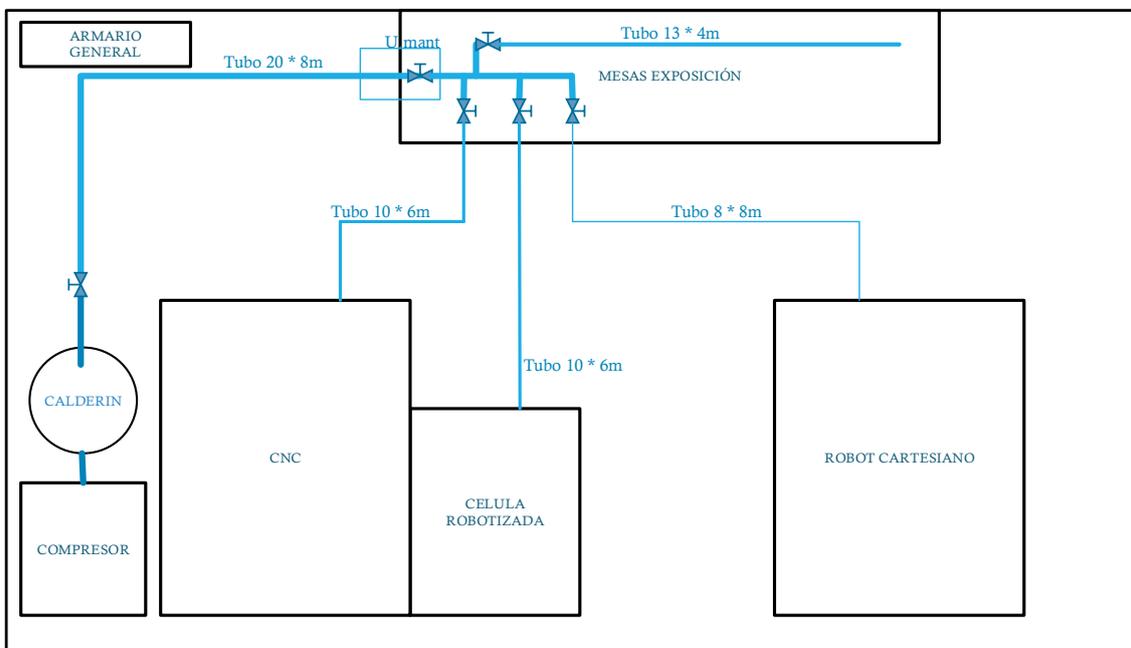
$$D_{int} = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{0.00276 \cdot 4}{20 \cdot \pi}} = 13 \text{ mm} \quad (5.6)$$

Siguiendo el patrón anterior se escogen las dimensiones de los tubos en función del estándar de fabricación, por lo tanto se tiene:

- Acometida principal – 20mm
- CNC – 10mm
- Célula robotizada – 10mm
- Robot cartesiano – 8mm
- Mesas expositoras – 13mm

Se colocará a la salida del compresor una válvula manual para cerrar el paso de aire a toda la instalación. La acometida principal irá hasta las mesas expositoras, donde en el primer mueble se colocará la unidad de mantenimiento y el colector para distribuir todas las acometidas. Cada salida del colector a las acometidas tendrán una válvula manual para cerrar el paso de aire a cada máquina, estas válvulas son muy útiles para tareas de mantenimiento. Las mangueras se pasarán por el suelo técnico, realizando la salida justo debajo de cada máquina para conseguir que las mangueras queden ocultas.

En el siguiente *layout* se puede observar la distribución de la instalación, la medida de los tubos y la colocación de las válvulas.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 5.1 *Layout* instalación neumática suministro

## 5.2. Suministro eléctrico

El local donde se instalará la máquina tiene una acometida trifásica 400V + neutro de unos 12 KW, esta acometida llega hasta el cuadro general, donde se distribuye la potencia a luces, enchufes, aire acondicionado, etc. Hay que adecuar el cuadro de distribución para conectar las máquinas nuevas y dimensionar las mangueras para la alimentación de las mismas.

Las máquinas a alimentar son:

Maquina	Tensión	Fases	Potencia
CNC	220V	Trifásico	8 KW
Célula robotizada	220V	Monofásico	3 KW
Compresor	380V	Trifásico	4,5 KW

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.4. Tabla consumos eléctricos generales

### 5.2.1. Protecciones generales

Para la protección equipos, líneas y personas se usan 2 protecciones para cada equipo, protección magneto térmica y protección diferencial. [7]

#### -Protección magneto térmica

Son interruptores automáticos que reaccionan ante sobre intensidades de alto valor, cortándolas en tiempos lo suficientemente cortos como para no perjudicar ni a la red ni a los aparatos asociados a ella.

Para la elección del magneto térmico se escoge en función de 2 características, la intensidad nominal del equipo a proteger y la curva de disparo.

Según sean los límites que posea la curva característica de un magneto térmico, así será su comportamiento, debiendo adaptar en cada caso el aparato correspondiente a las peculiaridades del circuito que se pretenda proteger. En este caso se escogen los magnetos térmicos de curva D, esta curva actúa en la zona térmica con sobrecargas comprendidas entre 1,1 e 1,4 In y en su zona magnética actúan entre 10 In e 14 In. Son adecuados para instalaciones que alimentan receptores con fuertes puntas de arranque.

Al tener en todas las maquinas servomotores y su respectivo control, se tienen unos picos de arranque grandes, por lo que es la curva idónea para este caso, además el fabricante recomienda este tipo de curva para sus equipos.

Se sabe la curva del magneto térmico, a continuación se realiza el cálculo para saber la intensidad nominal de los equipos.

- CNC (5.7)

P=10KW

V=380 trifásica (el transformador está en la propia máquina)

$$I = \frac{P}{V} = \frac{10000}{380 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.8} = 18.99A \quad (5.7)$$

- Célula robotizada (5.8)

P=3KW

V=220 monofásica

$$I = \frac{P}{V} = \frac{3000}{220} = 13.6A \quad (5.8)$$

- Compresor (5.9)

P=4.5KW

V=380 trifásico

$$I = \frac{P}{V} = \frac{4500}{380 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.8} = 8.6A \quad (5.9)$$

Se tiene la primera protección de cada máquina, que según estándar sería lo siguiente:

Magneto térmico 25A curva D 3 polos – CNC

Magneto térmico 16A curva D 2 polos – Célula robotizada

Magneto térmico 16A curva D 3 polos – Compresor

#### -Protección diferencial

Son interruptores automáticos que evitan el paso de corriente de intensidad peligrosa por el cuerpo humano. La peligrosidad de los efectos que se pueden producir depende de la intensidad de la corriente y de su duración. Normalmente se fabrican en 2 sensibilidades 30 mA y 300 mA, este es el valor de desequilibrio que acciona el diferencial, en este caso se escoge el valor más bajo de 30mA, ya que no se tienen maquinas con muchos motores que haría saltar los diferenciales con una intensidad tan baja. Además de la intensidad

diferencial hay que escoger al igual que en el magneto térmico la intensidad nominal, en este caso el fabricante recomienda escoger la intensidad siguiente superior del estándar del magneto térmico. [7]

Diferencial 32A 30mA 3 polos – CNC

Diferencial 25A 30mA 2 polos – Célula robotizada

Diferencial 25A 30mA 3 polos – Compresor

Debido a que el espacio en el armario de control es justo para estas nuevas protecciones, habría que colocar otro armario igual, ya que el cliente sugiere que en un futuro tiene que proteger una línea de enchufes nueva, por lo que el cuadro principal quedaría sin espacio. Hay que colocar una caja de 400\*400 mm para ubicar las nuevas protecciones y las futuras ampliaciones; está caja se ubica en la parte inferior del cuadro general actual.

Estas medidas de protección son las señaladas en la Instrucción ITC-BT-24 y cumplen con lo indicado en la norma UNE 20.460, parte 4-41 y parte 4-47.

### **5.2.2. Dimensionado mangueras eléctricas**

Desde el cuadro general donde están ubicadas las protecciones de cada máquinas hay que alimentar cada una de ellas, para ello se utiliza la intensidad nominal que se ha calculado anteriormente. [7]

- CNC – 20A
- Célula robotizada – 13.6A
- Compresor – 9A

Las mangueras eléctricas, al igual que las neumáticas, se pasarán por el suelo técnico facilitando la labor del instalador y su ocultación. Las mangueras serán libre de alógenos y con unas secciones que se detallan a continuación.

Las mangueras que alimentan a la CNC y al compresor serán 4G, tres fases más tierra, en cambio para la célula robotizada serán 3G, fase, neutro y tierra. Las mangueras cumplirán el código establecido en el reglamento de baja tensión de azul para el neutro, verde-amarillo para la tierra y marrón negro gris para cada fase, en el caso de manguera monofásica la fase ha de ser negra o marrón.

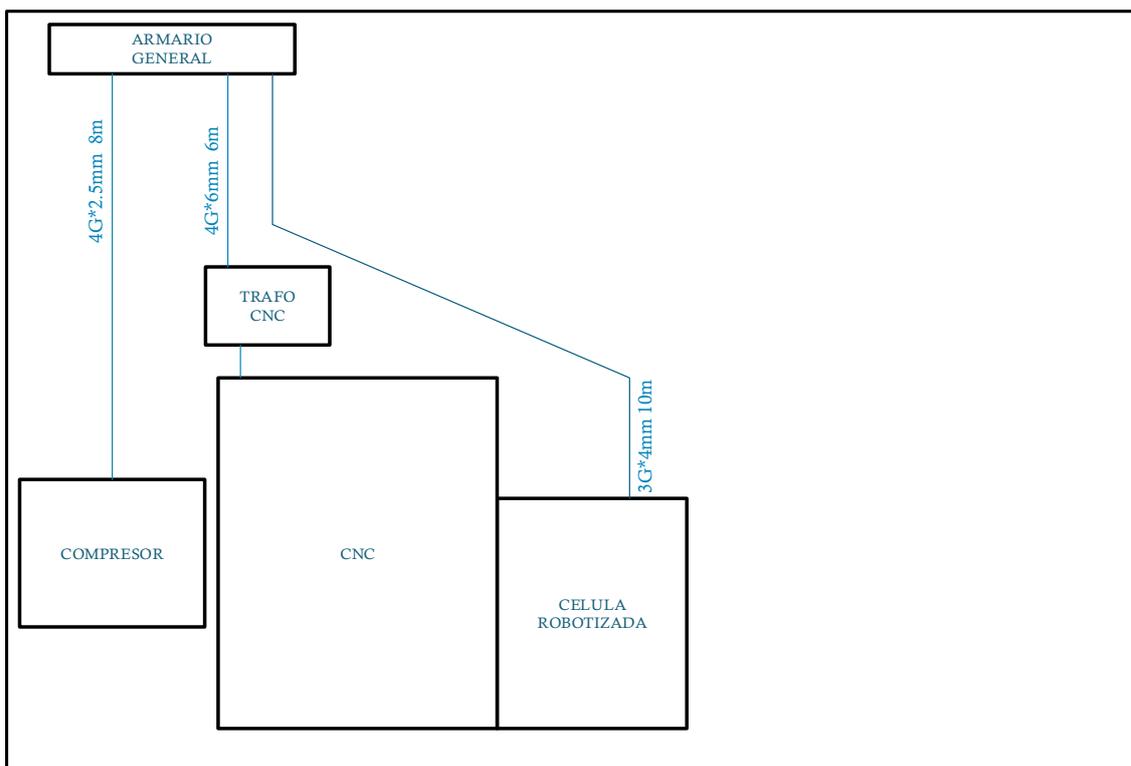
Para escoger la sección del cable de cada manguera se utiliza la tabla A.52-1 bis que facilita el REBT de la norma UNE 20460-5-523:2004 de intensidades admisibles para cables con conductores de cobre no enterrados.

Según la tabla se tiene:

- CNC – 4G de 6 mm<sup>2</sup>
- Célula robotizada – 3G de 4 mm<sup>2</sup>
- Compresor – 4G de 2.5 mm<sup>2</sup>

En el siguiente *layout* se puede observar la distribución final de la instalación eléctrica de las acometidas de las máquinas.

En el anexo Planos aparecen las conexiones de forma más detallada.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 5.2 *Layout* instalación eléctrica suministro

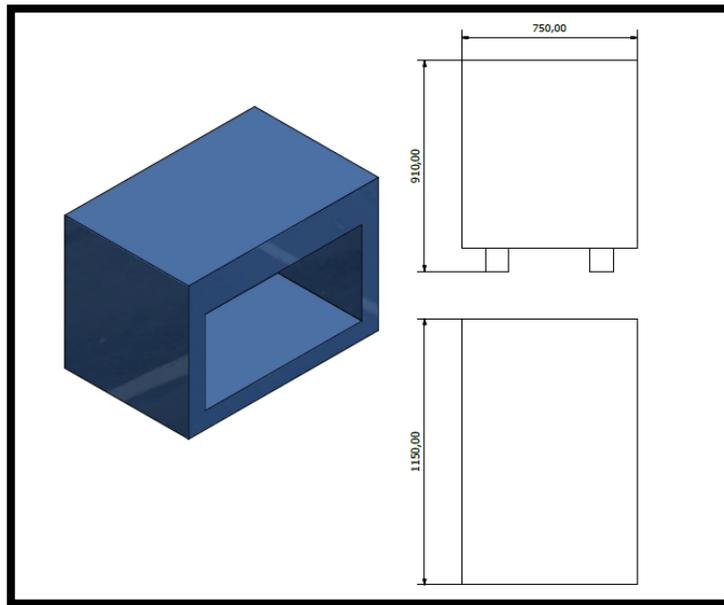
## 6. Bancada.

La bancada de la célula es una de las partes fundamentales, es sobre donde van alojados todos los elementos y muy relevante en el aspecto estético; es fundamental ya que da la consistencia necesaria para trabajar sin problemas.

La bancada del robot es un armario de madera, con la imagen corporativa del cliente y de aspecto similar a los muebles de su *showroom*.

Para realizar el diseño del armario, el cliente proporciona el contacto del carpintero que ha realizado los muebles. Se le pide que diseñe un mueble igual pero con alguna característica diferente:

- Las medidas generales del armario serán: 1150 de anchura \* 750 de profundidad \* 910 de altura. El alojamiento interior será igual que los anteriores muebles, con la diferencia de que las puertas se han de poder extraer con facilidad, para facilitar las tareas de mantenimiento. En el estudio de viabilidad del anteproyecto, se estudia la accesibilidad del robot respecto a la maquina CNC, ya que es la que tiene una mayor dificultad de acceso y nos restringe la posición del robot, pero se pudo observar que la altura de la bancada tenia margen de posición. Debido a que la bancada tiene que ofrecer un espacio interior para alojar diferentes elementos, la altura de la bancada marca este espacio interior. Por lo tanto estas medidas finales se han basado en facilitar la fabricación del armario teniendo en cuenta medidas estándares del material, siempre comprobando que no genera ningún problema para el diseño de la célula. (Figura 6.1)
- La parte superior de la bancada, donde se ubicarán todos los elementos, ha de ir reforzada con una madera de un grosor de 5 cm para garantizar la estabilidad de los elementos, ya que se han de acollar a esta superficie.
- Se ha de reforzar la estructura del mueble, para evitar deterioros o futuros problemas, ya que el robot al realizar movimientos rápidos genera mucha fuerza en su superficie.
- La parte inferior tiene que estar preparada para que la bancada pueda ser transportada por un traspalé o similar, pero que mediante zócalos quede oculto. De tal manera que en el momento que se quiera transportar se retiren dichos zócalos.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.1 Dimensiones bancada

Parte del proyecto se ha ido ejecutando paralelamente al diseño, por lo que el mueble antes de la redacción de esta memoria, ya ha sido fabricado.



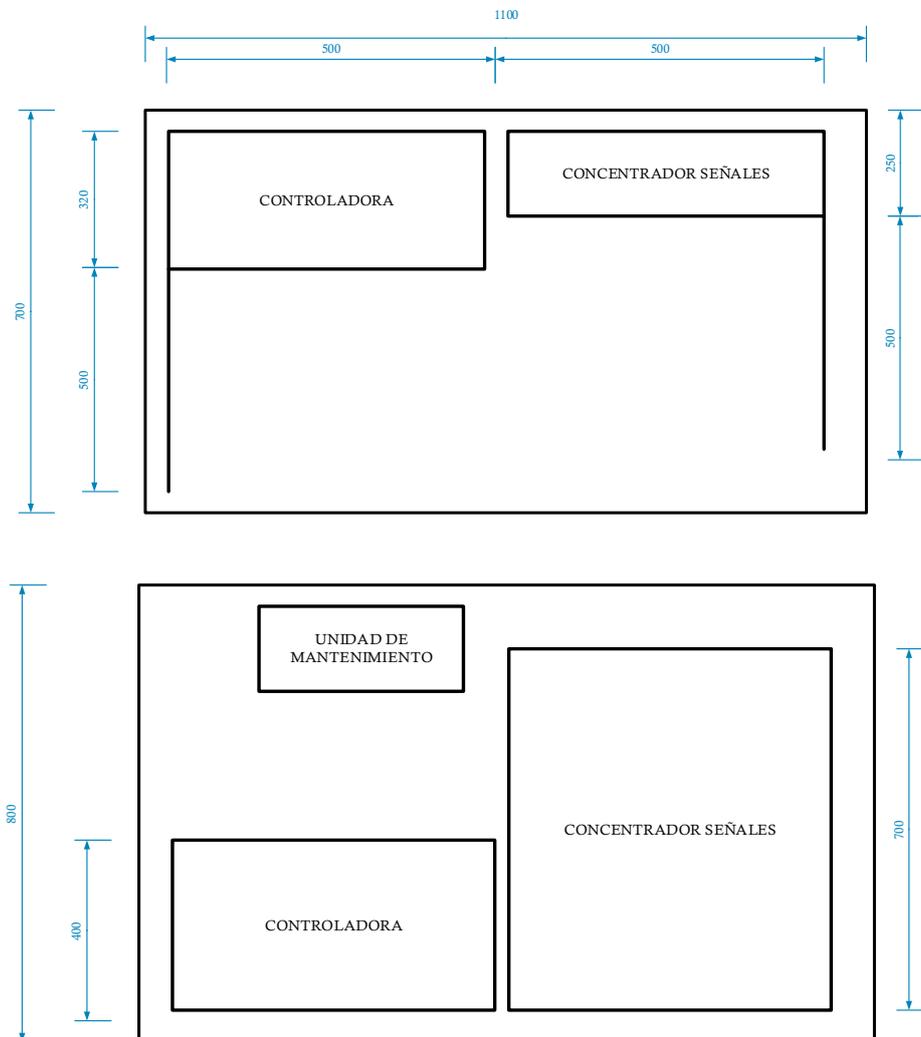
Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.2 Bancada fabricada

### Interior bancada

En el interior de la bancada se ha de alojar la controladora del robot, un armario concentrador de señales y la unidad de mantenimiento neumático. Además, para ocultar todas las mangueras, tanto eléctricas como neumáticas, se pasarán por dentro de la bancada y se realizarán agujeros justo donde vayan conectadas, por lo tanto en la parte interior se instalará una *rejiband* de 100 para poder guiar todas las mangueras.

La *rejiband* es una bandeja metálicas del tipo malla de varillas electrosoldadas, con borde de seguridad para la conducción de cableado eléctrico y de Telecomunicaciones. El uso de *rejiband* está aprobado por el REBT según el ITC-BT-28.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 6.3 Interior bancada

La puerta de la controladora no se puede abrir totalmente, pero como las mangueras tiene holgura, si se diese el caso de tener que realizar tareas de mantenimiento, girando un poco la controladora se podría trabajar, incluso se podría sacar de la bancada sin problemas. A la bancada se le añade un ventilador de 24VDC para extraer calor del interior, y evitar problemas de refrigeración de los equipos del interior.

De la controladora y del armario concentrador de señales se habla más adelante, en cambio la unidad de mantenimiento se detalla a continuación.

### **Unidad de mantenimiento**

La unidad de mantenimiento está compuesta por un regulador de presión y una válvula 3 vías manual para el escape rápido de aire. En el anexo IV aparecen las referencias de los componentes.

-Regulador de presión: es un dispositivo que permite reducir la presión de un fluido en una red, por lo tanto se podrá controlar la presión máxima que se quiere mantener en la célula.

-Válvula manual: Se utiliza para evacuar la presión residual en todo el circuito de aire comprimido, es muy útil para cortar el aire del circuito para tareas de mantenimiento asegurando que la instalación está sin presión

El tubo de aire de 10mm procedente del colector general de la sala, se conecta en el regulador de caudal, posteriormente se conecta la válvula, para en la salida instalar una "T" de tubo de 10 para repartir el aire por la célula.

## 7. Controladora y armario interior

El controlador es el “cerebro” del robot; contiene la circuitería de control, los drivers de los motores y la memoria, que dirigen el funcionamiento y movimientos del robot. El controlador tiene la capacidad de comunicarse con diversos dispositivos gracias a su sistema de I/O (entradas/salidas) que proporciona un interface entre el software y los dispositivos externos.

En la controladora de fábrica vienen conectadas 3 mangueras, 2 de ellas van al robot y otra a la consola de programación. Las del robot son la de la potencia y posición de los motores y la otra, las señales de control de la muñeca.

A parte de estas señales a la controladora se han de conectar las de interface entradas/salidas con las estaciones de la célula, la manguera de alimentación y las señales de seguridad y emergencia. Debido al tamaño reducido de la controladora las conexiones de interface se realizan mediante un conector soldado, por lo que es muy complicado conectar mangueras de diferentes estaciones en un mismo conector, por tanto se decide diseñar un armario para concentrar todas las señales; tanto de entradas salidas como de seguridad y emergencia.

Por el mismo motivo dentro de la controladora no se puede colocar ninguna protección eléctrica, se aprovecha este armario concentrador de señales para colocar las protecciones. En el capítulo de suministros ya se protege la instalación, pero se ha de tener en cuenta que la maquina puede trabajar fuera del *showroom*, por lo que se le da una segunda protección. Además también se protegerá de forma autónoma la controladora del robot.

La controladora tiene una salida de alimentación auxiliar de 24VDC, pero el fabricante recomienda que cuando el robot tiene muchas señales de control, colocar una fuente externa auxiliar de potencia mayor, en este caso como se conectan señales de diferentes estaciones e incluso se realizarán interfaces con máquinas, se decide añadir a este armario y a la instalación una fuente de alimentación auxiliar con potencia suficiente para todas las señales.

Po lo tanto este armario concentrador de señales estará dotado de:

- Protecciones eléctricas generales

- Protección eléctrica controladora
- Protección eléctrica fuente de alimentación
- Fuente de alimentación
- Relés interface maquina CNC
- Bornero señales entradas/salidas
- Bornero señales seguridad y emergencia

## 7.1. Protecciones eléctricas generales

Debido a que estas protecciones únicamente se colocan por si la máquina se pusiera en marcha fuera del *showroom* se copian las mismas protecciones que en el capítulo 5 Suministros.

- Magneto térmico 16A curva D 2 polos
- Diferencial 25A 30mA 2 polos

## 7.2 Protección eléctrica controladora

El consumo de la controladora es de 1KW, por lo tanto la intensidad nominal: [7]

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1000}{220} = 4.5A \quad (7.1)$$

Al tener una protección general diferencial, la controladora solo se protegerá por posibles sobre intensidades. Se escoge el magneto térmico según el estándar de intensidad y con la curva D ya comentada anteriormente.

- Magneto térmico 6A curva D 2 polos

## 7.3 Fuente de alimentación y protecciones

La fuente de alimentación es una recomendación del fabricante, para que la controladora no tenga cargas externas de potencia. Esta fuente proporcionará tensión a todos los equipos de la célula.

La tensión de trabajo de las señales digitales es de 24 VDC, por tanto esta fuente será conmutada de alimentación de entrada 220 VAC y salida cortocircuitable de 24 VDC.

Para saber la potencia de la fuente se analizan las cargas de la célula. [7]

Equipos	Potencia W
camara de vision	6
Salidas controladora	96
seguridad	10
Potencia total	112

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.1. Tabla consumos eléctricos

$$I = \frac{P}{V} = \frac{112}{24} = 4.66A \quad (7.2)$$

La fuente de alimentación es de 5A, con entrada monofásica 220VA y salida 24 VDC.

Para proteger la entrada de la fuente se escoge el magneto térmico estándar más pequeño y para la salida, el estándar posterior a 5A. Al no tener ningún arranque de motor la curva es C.

- Magneto térmico 3A curva C 2 polos
- Magneto térmico 6A curva C 2 polos

## 7.4 Relés interfaces maquina CNC

La máquina CNC es una maquina totalmente independiente, por lo que tiene su propia alimentación y su propio control. Para poder comunicar con esta máquina y no tener problemas de tensiones la comunicación se realiza mediante contactos libres de potencia. Esto es debido a que cada fuente tiene sus 24V referenciados a su común, por tanto si se conecta directamente una salida de la CNC a una entrada del robot, no se sabe si son 24 el robot ya que ese común no está referenciado. Esto se podría solucionar juntando los comunes de las 2 máquinas, pero ya se están uniendo las máquinas y el CNC es una maquina independiente y opcional.

Por tanto en este caso se colocarán relés, los relés al excitar su bobina activaran sus contactos libres de potencia, y estos contactos libres de potencia estarán alimentados por la fuente de la otra máquina. Así en los 2 casos, los relés que la CNC active serán contactos de libre potencia para las entradas del robot.

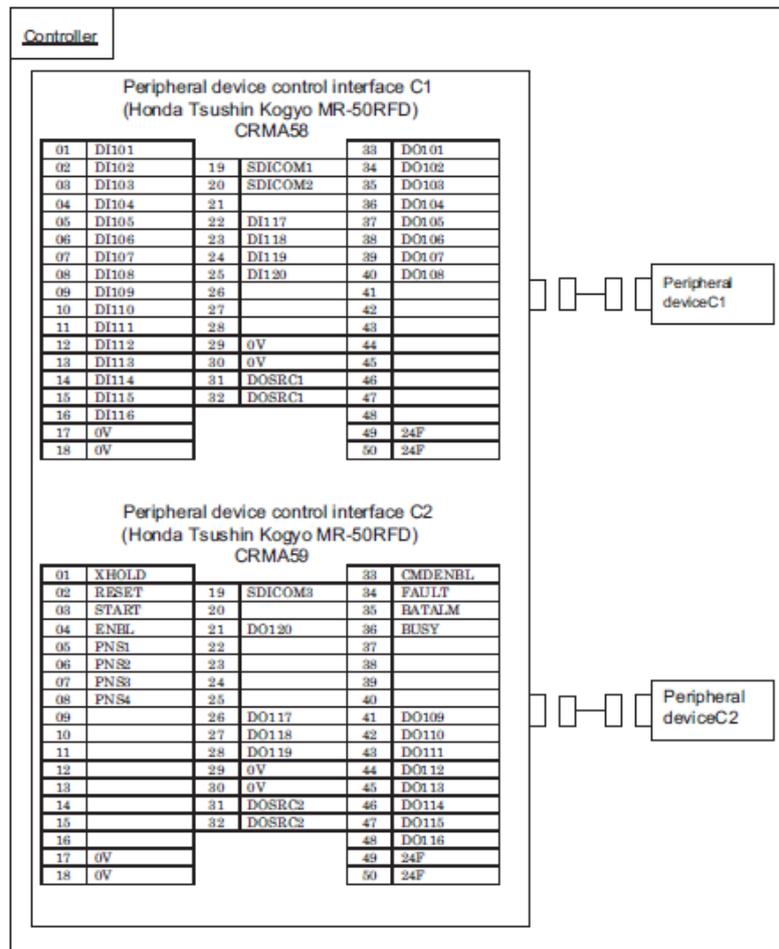
Por tanto en el armario se tendrán 5 relés de entradas y 5 relés de salida, a la hora de realizar el armario hay que tener en cuenta 2 detalles:

- 1- La CNC al ser una maquina opcional, las conexiones se han de realizar mediante un conector, para poder conectar o no las señales.
- 2- Los cables con tensiones que provengan de otra máquina han de ser de color naranja según normativa, para diferenciarlos y saber que es tensión de otra máquina.

Las conexiones de los relés se muestran con detalle en el esquema eléctrico de la célula en el documento Planos.

## 7.5 Bornero señales entradas/salidas

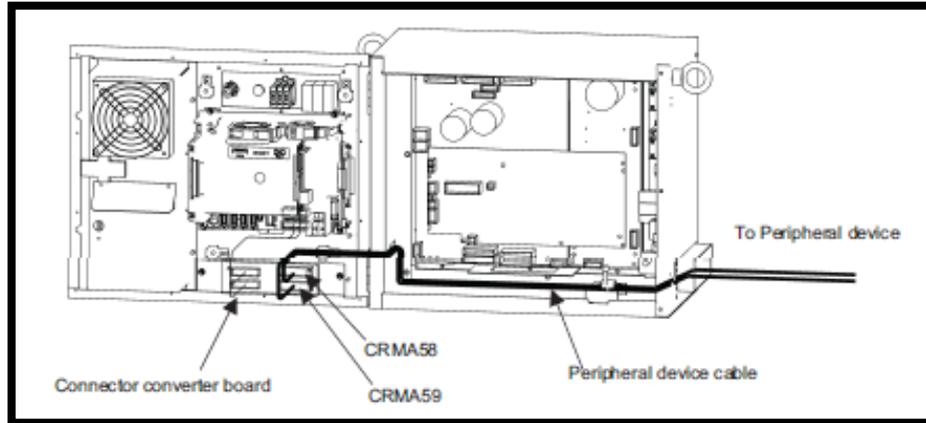
La controladora tiene 20 entradas digitales, 8 entradas de sistema, 20 salidas digitales y 4 salidas de sistema. Estas señales como se ha comentado anteriormente son accesibles a la controladora mediante 2 conectores, los pines de cada conector se pueden observar en la siguiente figura.



Fuente: Manual controladora M30iA

Figura. 7.1 Pines conector

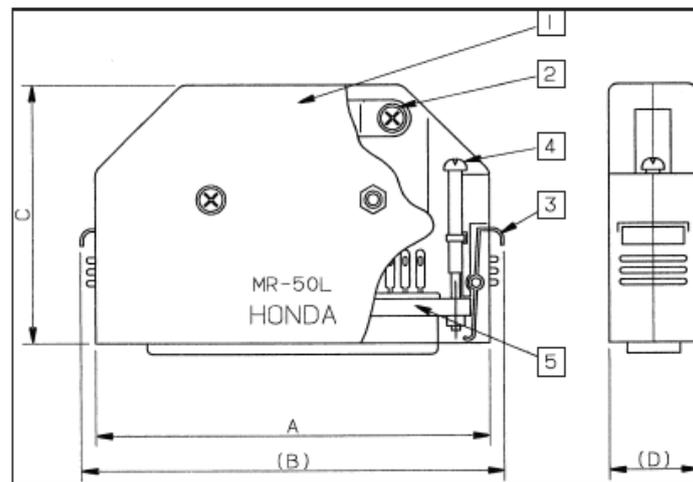
En el conector CRMA58 y el CRMA59 están todas las señales, sus comunes y sus alimentaciones auxiliares. Los conectores se conectan en la base fija que tiene cada uno en la puerta de la controladora, la conexión se realiza como se observa a continuación.



Fuente: Manual controladora M30iA

Figura. 7.2 Instalación conector

Para poder conectar la manguera, el fabricante facilita la parte aérea del conector. Es un conector Honda MR-50L con 50 pines soldables.



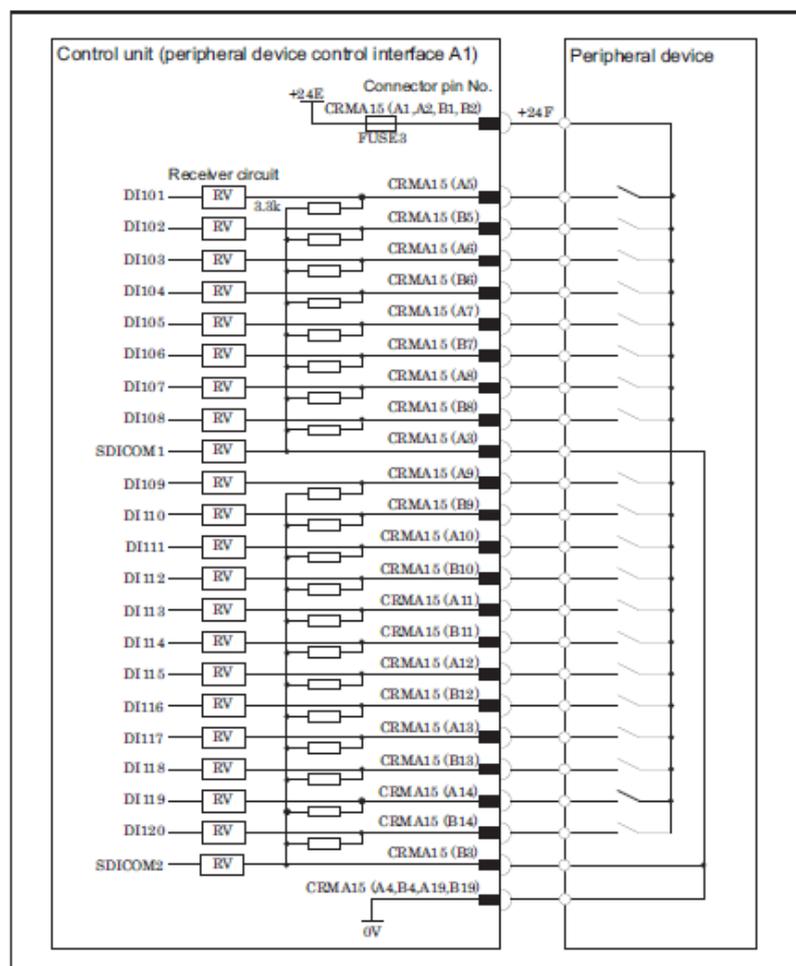
Fuente: Manual controladora M30iA

Figura. 7.3 Conector

Por tanto para tener acceso a las señales se han de fabricar 2 mangueras de 40 pines de 0.22mm y 4 metros de largo, soldadas en un extremo a cada conector y en el otro conectadas al bornero del armario concentrador de señales. Para la fabricación de los cables hay que tener en cuenta varios detalles:

- Seguir el conexionado establecido en el esquema eléctrico del documento planos. Es importante respetar esta relación para facilitar las futuras tareas de mantenimiento.
- En la parte del conector, al realizar las soldaduras colocar en cada pin funda termo retráctil. Se evitan futuros problemas de falsos contactos entre pines.
- Numerar cada cable según esquema eléctrico, en la parte del bornero del armario concentrador de señales, para facilitar las futuras tareas de mantenimiento.

En el esquema eléctrico del anexo planos se detalla el conexionado de las señales y comunes, pero siempre siguiendo el esquema de conexionado facilitador por el fabricante.



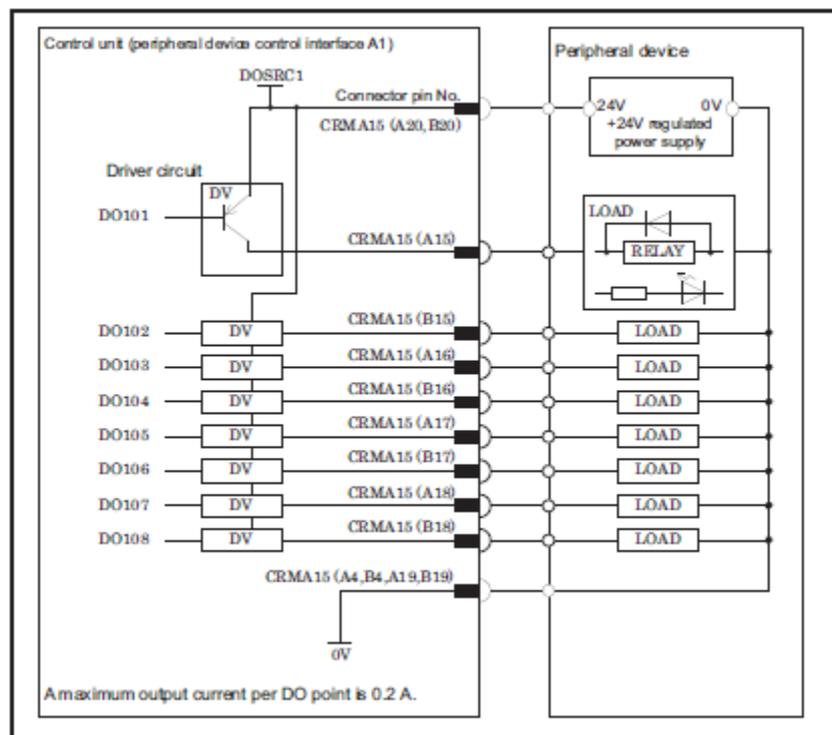
Fuente: Manual controladora M30iA

Figura. 7.4 Conexión controladora entradas digitales

Para las entradas digitales como se muestra en la figura anterior, se utiliza la misma fuente interna de la controladora, ya que al no tener carga se puede realizar sin problemas. Se ha

de tener en cuenta de conectar el 0V del controlador a cada SDICOM dentro del armario concentrador de señales y coger los 24V del controlador para excitar cada entrada.

Para las salidas el fabricante facilita el conexionado:



Fuente: Manual controladora M30iA

Figura. 7.5 Conexión controladora salidas digitales

Para las salidas digitales, sí que se utiliza la fuente de alimentación del armario concentrador de señales. A cada DOSRC hay que conectar los 24V y juntar los 0V de la controladora con el de la fuente de alimentación externa del armario concentrador de señales.

El bornero de conexión de las señales digitales se realizará mediante bornes dobles, para así ocupar un menor espacio. El bornero está dividido en 3 partes, un primer bornero de comunes (X20), segundo bornero de entradas (X21) y por último el bornero de salidas (X22). Más adelante se detalla el uso de cada señal.



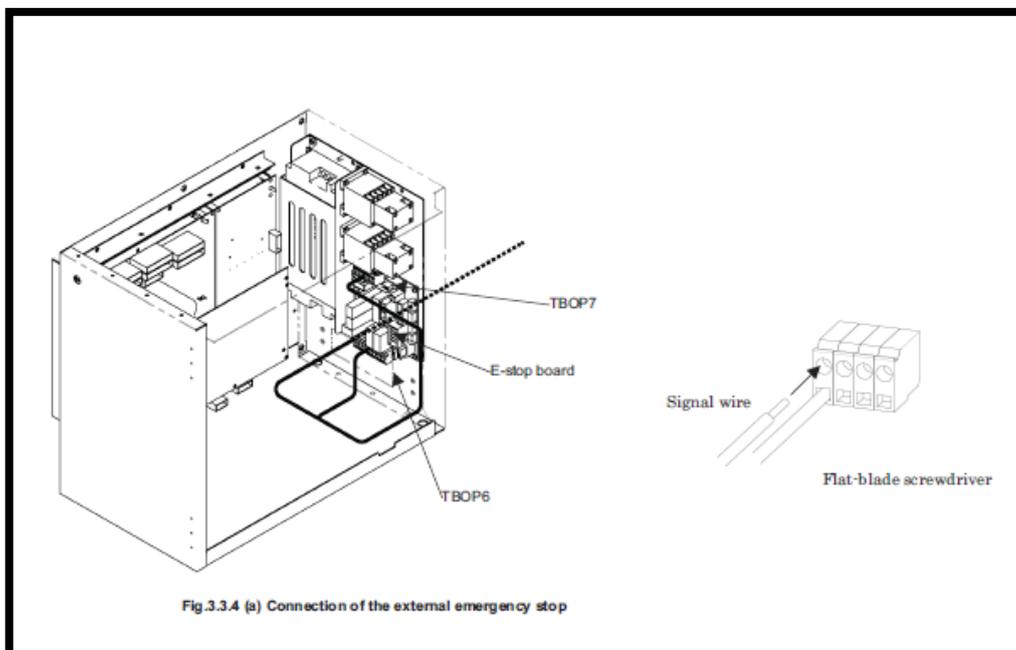
## 7.6 Bornero señales seguridad y emergencia

La controladora tiene 3 tipos de señales de seguridad y emergencia:

- Salida de parada de emergencia: Son contactos libres de potencia, que se abren en el caso que se pulse la seta de seguridad del teachpendant (consola de programación) o la seta de seguridad del panel de la controladora.
- Entrada de parada de emergencia: Si se activa un paro externo de emergencia de la máquina, ya sea una seta de la propia célula o la emergencia de otra máquina que trabaja conjuntamente, el robot se parará en modo emergencia.
- Vallado: Si se conecta una valla de seguridad el robot solo trabaja en automático si detecta que el vallado permanece cerrado.

Se necesitan 4 cables para la salida de parada de emergencia, 4 cables para la entrada de parada de emergencia y 4 para el vallado; por tanto se necesita una manguera 14 hilos de 0.25mm y 4 metros de largo.

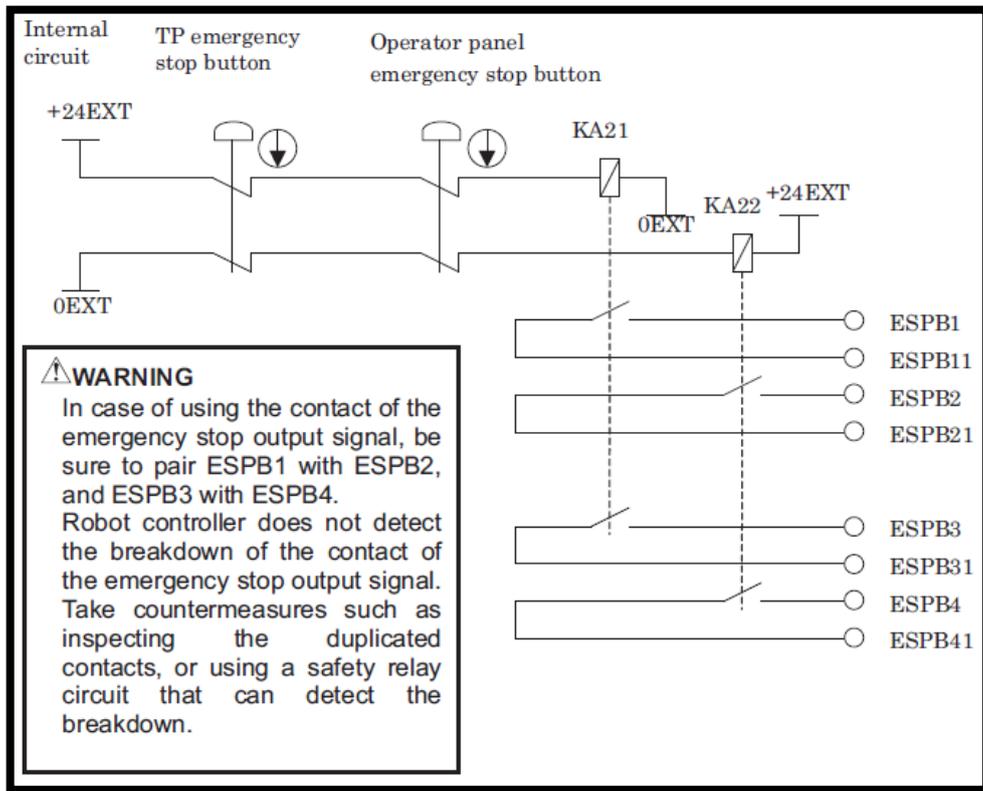
El conexionado de la manguera se realiza con un conector de resorte ubicado en la parte derecha de la controladora (Figura 7.7).



Fuente: Manual controladora M30iA

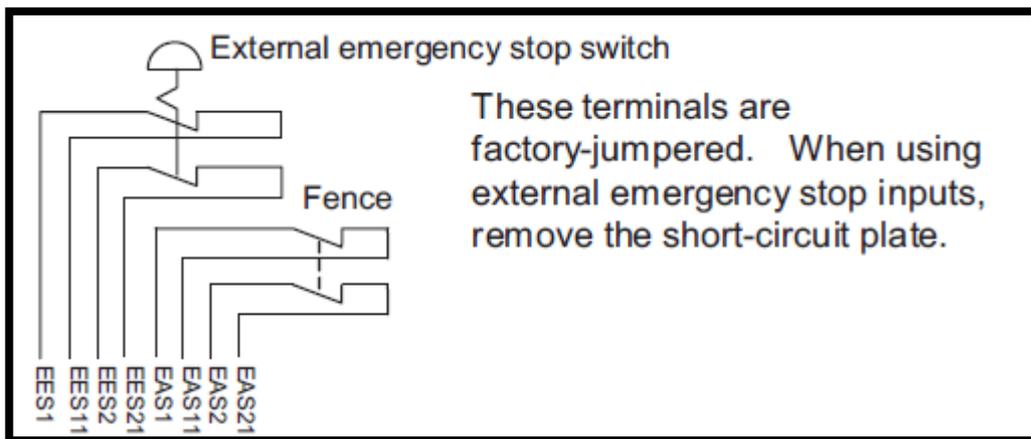
Figura. 7.7 Instalación manguera seguridad y emergencia

El conexionado lo facilita el fabricante, en la célula al tener solo otra máquina, se cablea solo 1 canal doble de seguridad de salida.



Fuente: Manual controladora M30iA

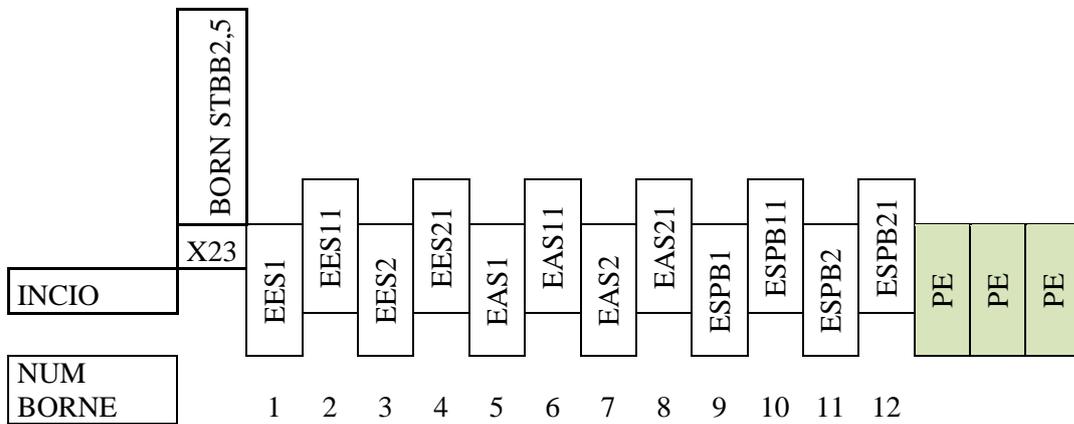
Figura. 7.8 Conexión salida de emergencia



Fuente: Manual controladora M30iA

Figura. 7.9 Conexión entrada emergencia y vallado

El bornero de conexión de las señales de seguridad y emergencia se realizará mediante bornes dobles, para así ocupar un menor espacio. El bornero se ubica a continuación del bornero de entradas/salidas, con la nomenclatura X23.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 7.10 Bornero conexionado señales seguridad y emergencia

En el anexo planos aparecen detalladas las conexiones en el esquema eléctrico. En otro capítulo se hablará del conexionado de estas seguridades y emergencia con elementos de la célula.

Por tanto las mangueras que se han de conectar entre si la controladora y el armario concentrador de señales, serán:



Fuente: Elaboración propia

Figura. 7.11 Mangueras entre controladora y armario concentrador

## 7.7 Diseño armario concentrador de señales

Ya se saben todos los componentes que contiene el armario, para poder ubicarlos todos sin problemas se opta por un armario de 500mm anchura \* 700mm altura \* 250mm de profundidad, con estas dimensiones aseguramos ubicar todos los componentes y dejar una espacio reserva de un 20% como marca la normativa. La placa de montaje donde realmente se ubican los componentes es de 449mm \* 670mm.

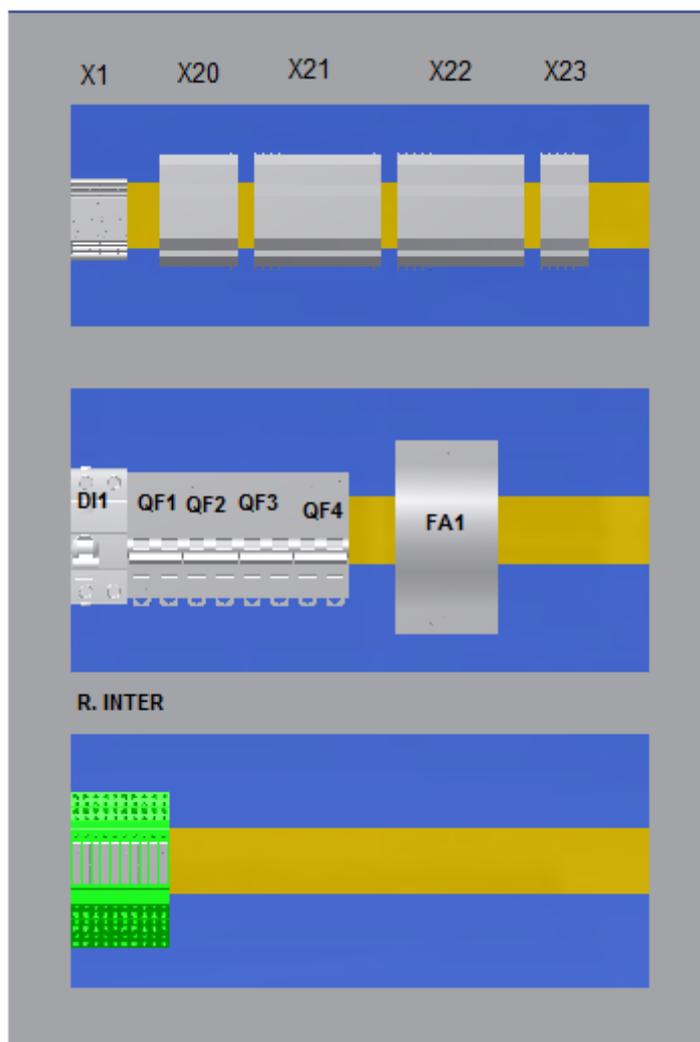
El armario se separa en 3 zonas; superior, intermedia e inferior; se utilizan canales ranuradas de 40mm anchura \* 60 altura para el guiado del cableado y canal de 60mm anchura \* 60 altura para la zona de conexionado de entrada al bornero. Los elementos se fijan mediante carril DIN.

Por tanto la distribución del armario queda de la siguiente manera (figura 7.12).

Para la fabricación del armario hay que tener en cuenta varios detalles.

- Se equipa al armario con una rejilla con filtro para facilitar la ventilación.
- La entrada de mangueras se realizarán mediante prensaestopas captop de M20 y M25, siempre en la parte superior del armario.
- Se equipa al armario con un seccionador de corte general y se instalará en el lateral izquierdo. Al activar el seccionador habilitará la energía al armario.
- El cableado tendrá que seguir fielmente lo que se refleja en los esquemas eléctricos del documento planos.
- Se intentará evitar que cableado de potencia y de señales compartan las mismas canales.
- Todos los cables de potencia serán de 1.5, ya que es la sección mínima según normativa y se tiene un consumo muy bajo.
- Los cables de maniobra serán de sección 0.75.
- Todo elemento instalado en los armarios y todo el cableado se identificarán según plano.
- Para señalar los distintos circuitos se debe utilizar obligatoriamente el siguiente código de colores para los cables unifilares, como marca normativa:
  - Azul claro: Neutros de circuitos de potencia
  - Negro: Conductores activos de circuitos de potencia

- Rojo: Circuitos de mando en corriente alterna
- Azul: Circuitos de mando en corriente continua
- Naranja: Circuitos alimentados desde una fuente externa de energía.
- Amarillo/verde: Conductores de protección tierra



Fuente: Elaboración propia

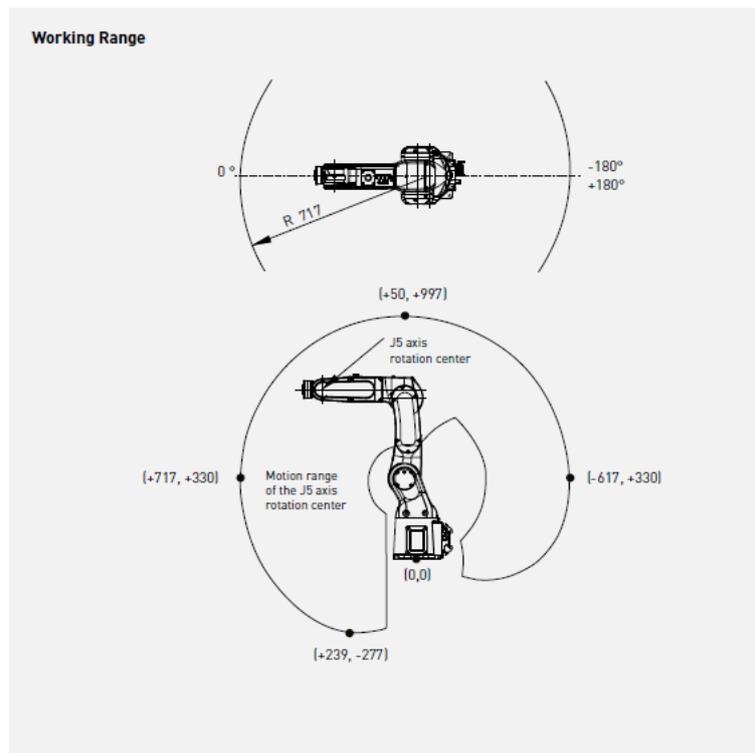
Figura. 7.12 *Layout* armario concentrador de señales



## 8. Robot y Herramientas

El modelo del robot es el LR Mate 200iD, la mecánica del robot es del tipo antropomorfo de 6 ejes con una capacidad de carga de 7Kg y alcance máximo de 717 mm.

El rango de trabajo del robot es el siguiente:



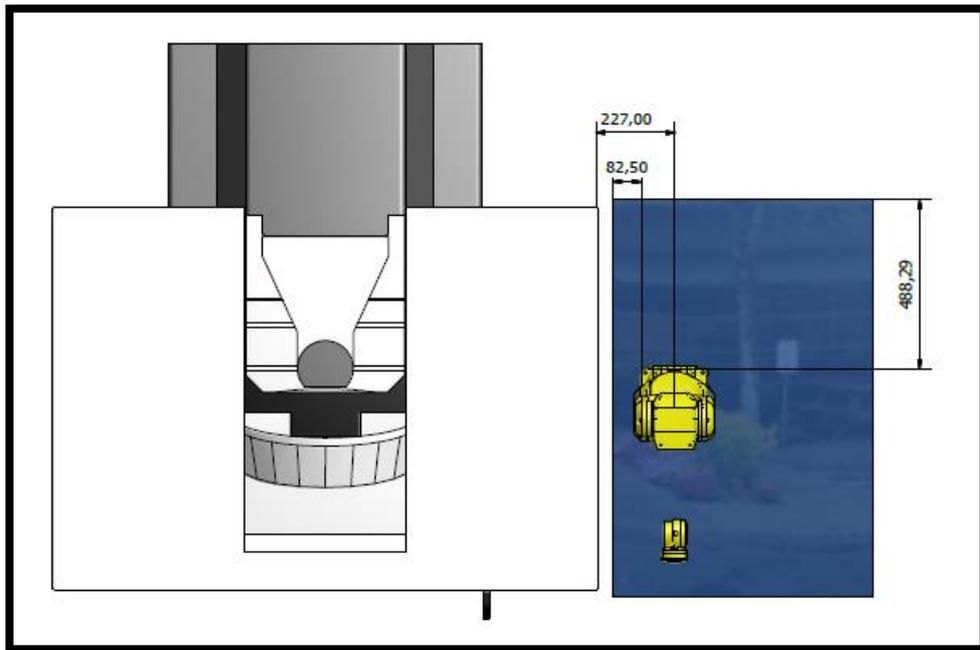
Fuente: Datasheet LRMate 200iD

Figura. 8.1 Alcance robot

### 8.1 Ubicación del robot

El robot se ubicará a 227 mm de la maquina CNC, en el anteproyecto se realizó el estudio de accesibilidad en el que se estableció la medida de 200mm como perfecta para cargar y descargar piezas de la máquina. Por tanto teniendo en cuenta el margen de separación de la bancada y la CNC que estableció el cliente, el robot se ubicará a 82.50 mm del borde la bancada, y en una posición central en el otro eje de la bancada, quedando la base a una distancia de 490 mm aproximadamente del otro lateral. La base del robot tiene unas dimensiones de 190mm \* 190mm.

En la siguiente figura se puede observar la posición del robot.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 8.2 Ubicación robot

Para acollar el robot en la superficie de la bancada se utilizarán 4 tornillos de M10 de 80mm de largo de cabeza Allen. Para tener más fuerza el robot sobre la superficie, en la parte inferior se coloca una placa de acero de 250mm \* 250 mm para poder apretar con fuerza los tornillos.

Debido a que el montaje e instalación se inicia de forma paralela, en la redacción de este documento ya se ha realizado el montaje del robot en la bancada. (Figura 8.3)

## 8.2 Conexiones suministro robot

Desde la controladora se tienen que conectar 2 mangueras, las dos mangueras vienen en el mismo conector. Una es la manguera de la potencia de los motores, y la otra de las señales de encoders y de la muñeca el robot.

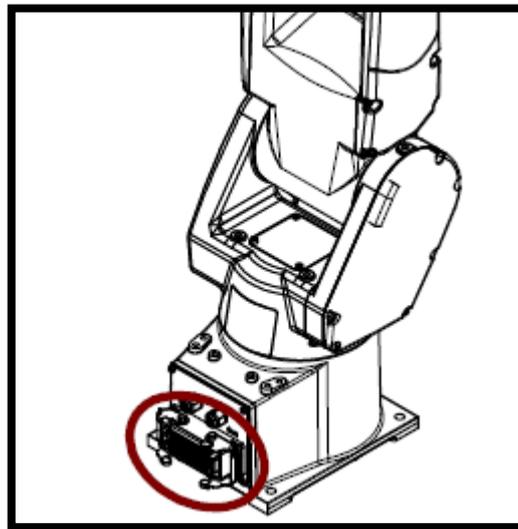
A parte de estas mangueras hay que conectar el tubo de aire, en el capítulo 5 se deja preparada la conexión, después de la unidad de mantenimiento, instalada dentro de la bancada, hay una "T" con salida de tubo de 10, desde aquí es desde donde se conectará el aire del robot.

Ambas conexiones se realizan en la parte inferior del robot.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 8.3 Robot instalado en bancada

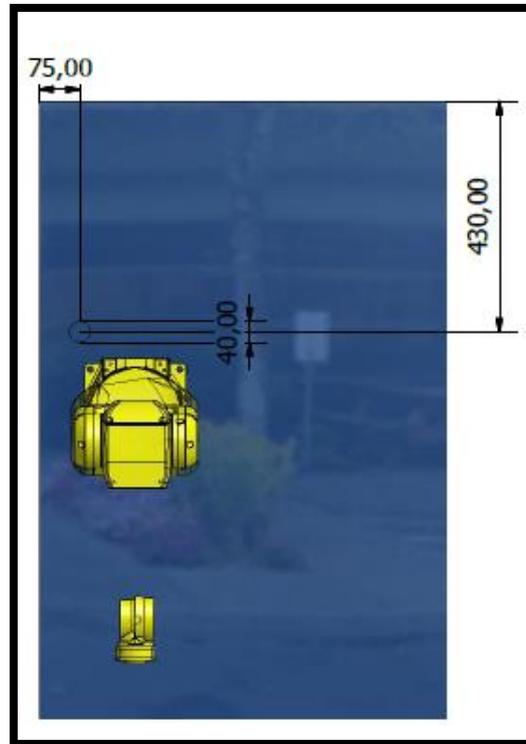


Fuente: Maintenance manual LRMate

Figura. 8.4 Conexiones robot

Para pasar las mangueras y el tubo a la zona superior, se realiza un agujero de 40mm de diámetro. Las mangueras eléctricas ya vienen conectadas entre el robot y la controladora,

por tanto debido a las grandes dimensiones del conector del lado robot hay que desconectar las mangueras del lado controladora, ya que son más fáciles de pasar por el agujero de 40mm. Para la instalación, las mangueras se han de pasar por la rejiband colocada en la parte superior de la zona interior de la bancada.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 8.5 Registro para instalación robot

### 8.3 Señales digitales del robot

Para controlar las herramientas con las que el robot trabajará, se necesitan señales de control, tanto entradas como salidas. Para ello el robot dispone de un conector justo en la parte final del brazo llamado “END EFFECTOR” y salidas de válvulas neumáticas activadas internamente por el controlador.

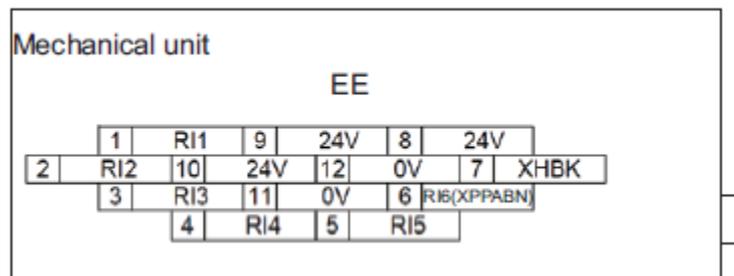
Estas señales son llamadas entradas/salidas de robot (RI y RO), son señales precableadas entre la controladora y el robot situadas en el conector EE y en las válvulas neumáticas internas. (Figura 8.6)

Para cablear las señales de entrada RI, hay que soldar las señales en el conector EE, siguiendo el pineado que facilita el fabricante. El conector aéreo EE es suministrado por el fabricante al adquirir el robot. (Figura 8.7)



Fuente: Elaboración propia

Figura. 8.6 EE y válvulas internas



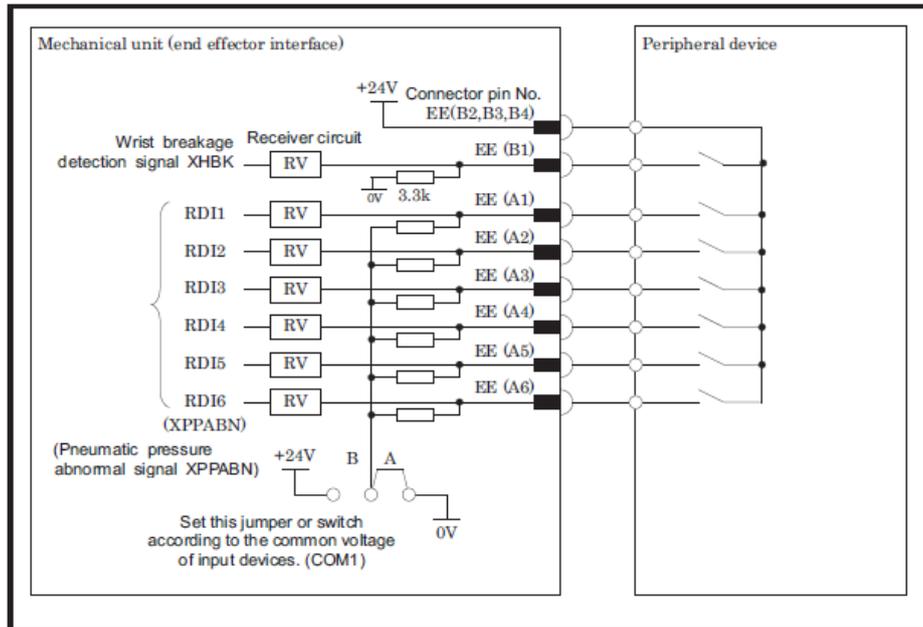
Fuente: Manual controladora M30iA

Figura. 8.7 Pineado conector EE

En la muñeca del robot por tanto se tienen 6 entradas digitales, la RI6 se puede utilizar como señal de sistema de falta de presión de aire y opcionalmente se puede utilizar la señal XHBK; esta señal es para advertir al robot que ha habido una colisión, abrir un circuito por impacto, por ejemplo.

Para realizar el cableado del conector se basa en el esquema de conexión que facilita el fabricante. (Figura 8.8)

Para las salidas, el robot ya viene preparado con las válvulas ocultas dentro de su carcasa, al ser un robot de carga y descarga de máquina herramienta se da por hecho que va a necesitar aire comprimido para interactuar con las herramientas. Facilita mucho la instalación tener ya montadas estas válvulas en la muñeca del robot.

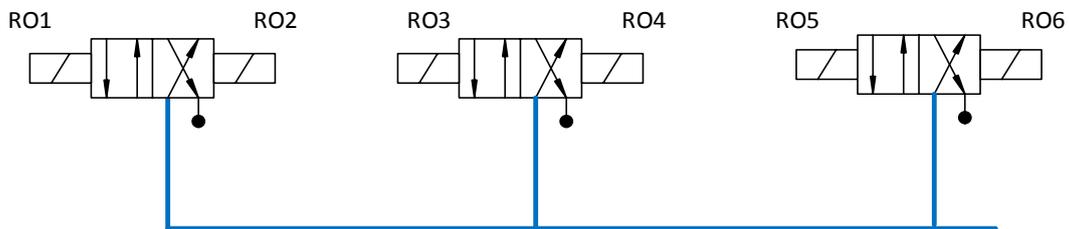


Fuente: Manual controladora M30iA

Figura. 8.8 Conexión conector EE

Las señales de salida son las siguientes:

- RO1: activación válvula 1
- RO2: desactivación válvula 1
- RO3: activación válvula 2
- RO4: desactivación válvula 2
- RO5: activación válvula 3
- RO6: desactivación válvula 3



Fuente: Elaboración propia

Figura. 8.9 Circuito válvulas internas robot

## 8.4 Herramientas del robot

Para el tipo de trabajo que tiene que realizar el robot y para que el cliente pueda mostrar varios productos en la célula se necesitan 3 tipos de herramientas:

- Pinza 2 dedos: para coger piezas tanto cuadradas como redondas
- Pinza 3 dedos: para coger piezas redondas
- Desbarbador: para desbabar las piezas mecanizadas

### 8.4.1 Herramienta cambio automático

Para que la célula sea totalmente autónoma, estos cambios de herramientas se tienen que realizar de forma automática, por tanto hay que equipar la muñeca del robot con el accesorio SWS de Schunk. Este accesorio permite cambiar la herramienta y provisionarla de las señales eléctricas y neumáticas.

Consta de una parte fija en la muñeca del robot SWK y de una parte que se ubica en la base de cada herramienta llamada SWA. Hay múltiples modelos en función básicamente del tamaño y del peso de carga que soportan, teniendo una muñeca de 45mm de diámetro y un robot con carga de hasta 7 Kg, el modelo ideal es el SWS-005.

#### SWS-05

- Máxima carga: 8 Kg
- Fuerza de bloqueo: 710 N a 6 bares
- Peso: 0.37 Kg
- Min/Max distancia de bloqueo: 1.5/3.0
- Transmisiones neumáticas: 6 de M5
- Transmisiones eléctricas: 15 pines conector DB15

#### Conexiones SWK con muñeca del robot

El SWK tiene 2 conexiones para bloquear y desbloquear el cambio de herramienta y 6 conexiones más para el paso de aire al SWA, en este caso la primera válvula del brazo se conecta al bloqueo y desbloqueo y las otras 2 al paso del SWK al SWA. En las 2 conexiones que quedan libres se coloca un tapón de M5. Las conexiones se realizarán con tubo de 4, y con racores de codo de M5 a tubo 4. Hay que dejar holgura en los tubos, ya

que la muñeca tiene mucha movilidad. Para ello con el robot en modo manual y movimientos eje a eje, se fuerzan los ejes 5 y 6 a posiciones alejadas y entonces se toman referencias del recorrido máximo y se cortan los tubos.

Como se ha visto para bloquear y desbloquear la herramienta hay que activar la válvula 1 de la muñeca del robot, con las señales RO1 y RO2. Este detalle es importante para realizar el programa del robot.

Las conexiones quedan:

Robot	SWK
RO1-1A	L
RO2-2A	U
RO3-1B	1
RO4-2B	2
RO5-3A	3
RO6-3B	4
-	5
-	6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.1. Pineado robot-SWK

Para las entradas, como se ha visto en el capítulo anterior, el pineado del conector EE (Figura 8.7) es de 12 pines, por tanto lo que se hará es realizar una conexión pin a pin con una manguera de 15 hilos, quedarán 3 reservas. Esta manguera igual que pasa con los tubos tiene que tener holgura para evitar que la muñeca fuerce los conectores.

EE	SWK
1-RI1	1
2-RI2	2
3-RI3	3
4-RI4	4
5-RI5	5
6-RI6	6
7-XHBK	7
8-24V	8
9-24V	9
10-24V	10
11-0V	11
12-0V	12

Fuente: Elaboración propia

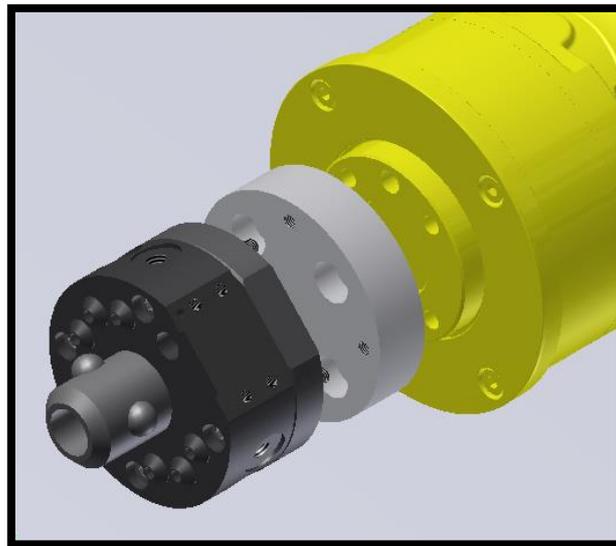
Tabla 8.2. Pineado EE-SWK

De esta manera se tiene en el SWK las señales eléctricas y las señales neumáticas para controlar las herramientas. En las propias herramientas ya se realizaran las conexiones necesarias para controlarlas.

### **Montaje SWK en la muñeca del robot**

Debido a que el SWK puede utilizarse en muchos tipos de robot, el montaje del SWK en la muñeca no es directo, por tanto se necesita diseñar y fabricar una placa adaptadora.

El SWK tiene agujeros pasantes, por donde se introducirán los tornillos para acollar a la placa adaptadora que tendrá agujeros roscados con las medidas del SWK. A su vez a esta placa hay que realizarle agujeros pasantes con alojamiento para la cabeza del tornillo, para poder acollar en la muñeca del robot que tiene agujeros roscados de M5. Es importante el detalle del alojamiento para así poder realizar la conexión del SWK con la placa.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 8.10 Adaptador SWK-Robot

El orden de montaje es:

- 1- Acollar la placa adaptadora en la muñeca del robot, quedando las cabezas de los tornillos en los alojamientos
- 2- Acollar el SWK en la placa adaptadora

Los tornillos del SWK los proporciona el fabricante, los tornillos de la placa al robot son 4 tornillos de M5 cabeza Allen de 20mm de largo. En el documento planos está el plano de detalle para la fabricación de la pieza.

### 8.4.2 Herramienta 2 dedos

Hay 2 tipos de piezas con las que va a trabajar el robot:

- Pieza rectangular de lado 40mm \* 120 mm de altura
- Pieza cilíndrica de 40mm de diámetro \* 120 mm de altura

Esta herramienta tiene que ser capaz de agarrar los 2 tipos de pieza, para ello se utiliza la herramienta de Schunk PGN plus.

Es una pinza paralela universal de 2 garras con gran fuerza de agarre y elevada absorción de momentos, es una solución estándar óptima para muchos campos de aplicación. Para la elección se ha tenido en cuenta la recomendación del cliente y la versatilidad y sencillez de manejo e instalación.

Igual que pasa con el SWS, del PGN plus hay diversos modelos en función del tamaño y la aplicación. Para el tamaño se escoge la medida 50, que como en el SWS es el ideal para la muñeca del robot. La siguiente elección es en función de la carrera que se desea, hay 2 opciones 2mm o 4mm, en este caso se opta por 4mm para tener mayor juego a la hora de coger las piezas. La última elección sería si se quiere la pinza normalmente cerrada, normalmente abierta o sin ningún tipo de retorno que marque una posición sin aire; el cliente recomienda que sería interesante tener una pinza de cada tipo, por lo que en este caso se escoge normalmente abierta.

Por tanto la referencia final es “PGN plus 50 1 IS”.

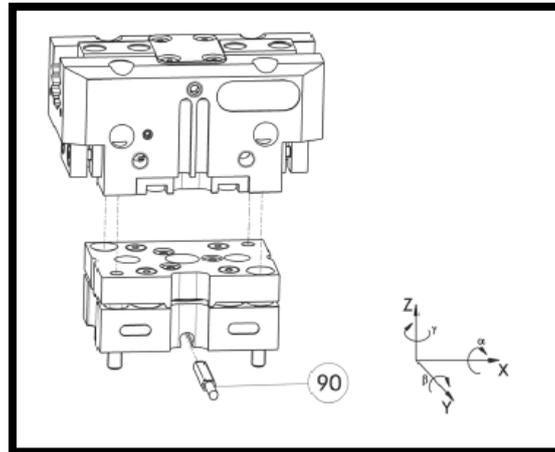


Fuente: Robot accessoires Schunk.pdf

Figura. 8.11 PGN plus

## Compensador

A parte de la pinza el cliente estableció que cada herramienta tuviera un compensador de posición, y que estos fuesen de diferentes tipos. Para este caso el fabricante recomienda un compensador que se adapta perfectamente a esta pinza, y proporciona holgura tanto en x-y-z (TCU-050-3-OV-P).



Fuente: Robot accessoires Schunk.pdf

Figura. 8.12 Compensador TCU 050

Los compensadores permiten pequeñas tolerancias de posición de la herramienta a la hora de coger piezas. Este compensador retorna a la posición inicial mediante muelle, se puede saber si el compensador está en la posición inicial mediante un sensor magnético de posición, como se puede observar en la imagen.

## Dedos

Por último quedaría equipar a la herramienta con los dedos de agarre, el fabricante opcionalmente ofrece unos dedos genéricos que el instalador tiene que mecanizar en función de la pieza que ha de coger. Estos dedos son de aluminio y ya vienen preparados para una precisa unión con la pinza, la referencia es ABR-plus 50.

Para el mecanizado de los dedos hay que tener en cuenta que la carrera es de 4mm por dedo, por lo tanto con la pinza cerrada tendremos una distancia de 38 mm entre dedos para asegurar la cogida y una distancia de 46mm con la pinza abierta.

Al ser las dos piezas de 40mm tanto de diámetro como de lado, al cerrar a 38 mm no habrá problema de sujeción. Sí que es cierto que el agarre de las piezas cuadradas será

más robusto que el de la pieza redonda, debido a la superficie de contacto. Por este motivo una vez se verifique que la pieza es redonda se cambia a la pinza 3 dedos, ya que la superficie de agarre es mayor

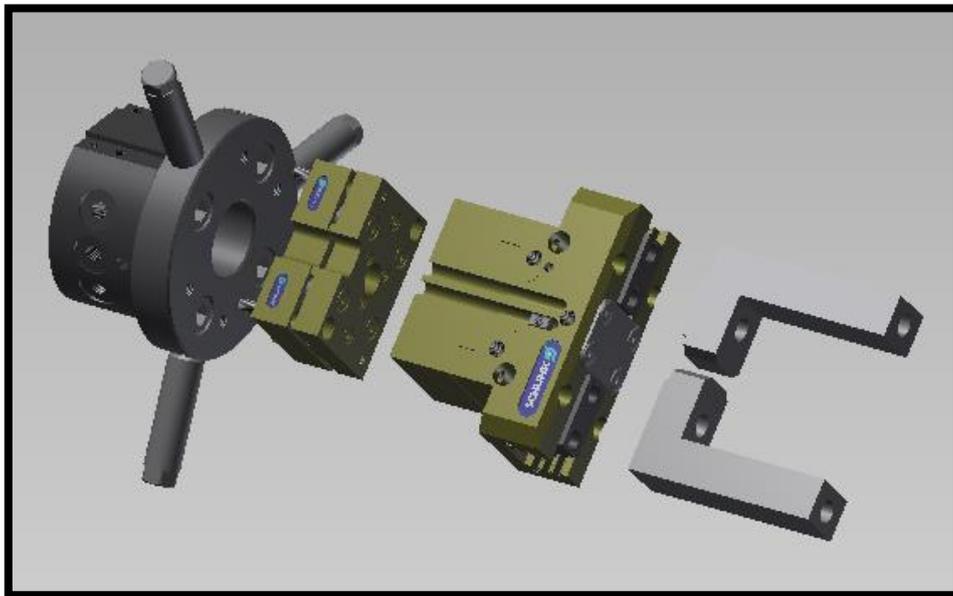
El plano del mecanizado de los dedos está en el documento planos.

### **Montaje**

Por tanto la herramienta completa 2 dedos queda de la siguiente forma:

- 1- SWA: Cambio de herramienta lado herramienta
- 2- TCU: compensador x-y-z
- 3- PGN plus: Pinza 2 dedos
- 4- ABR: dedos estándar mecanizados

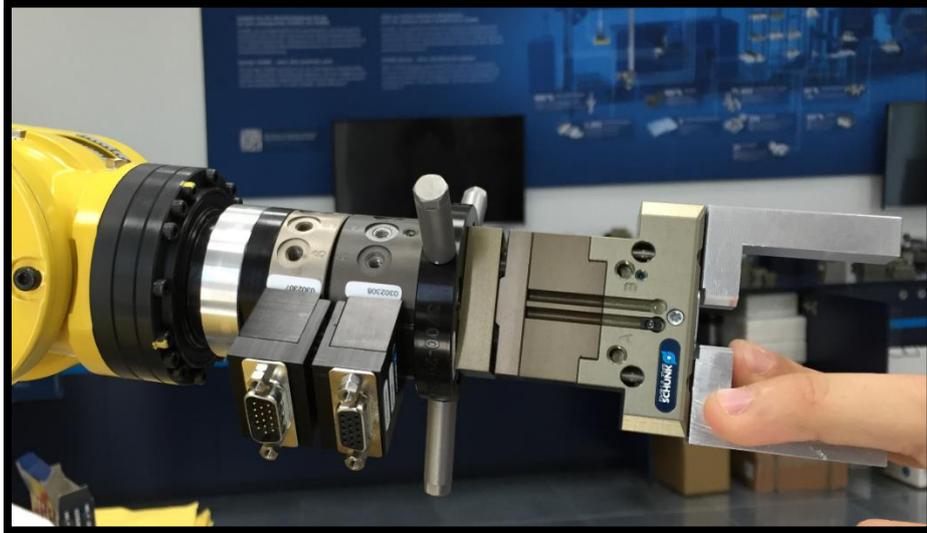
El orden de montaje sería primero acollar el compensador sobre el SWA, posteriormente la pinza sobre el compensador y finalmente los dedos sobre la pinza. El montaje no necesita ningún tipo de placa adaptadora ni mecanización, ya que son productos del mismo fabricante y se adapta a la perfección. En la siguiente figura se muestra el montaje final.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 8.13 Pinza 2 dedos completa

Debido a que se inicia el montaje de algunos elementos en paralelo, en la redacción de este documento se tiene montada la pinza 2 dedos completa.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 8.14 Pinza 2 dedos montada

### Señales

Mediante el SWS se transfieren todas las señales, tanto eléctricas como neumáticas, por tanto mediante el conector de SWA de 15 pines y en los 6 agujeros de M5 se pueden acceder a todas las señales.

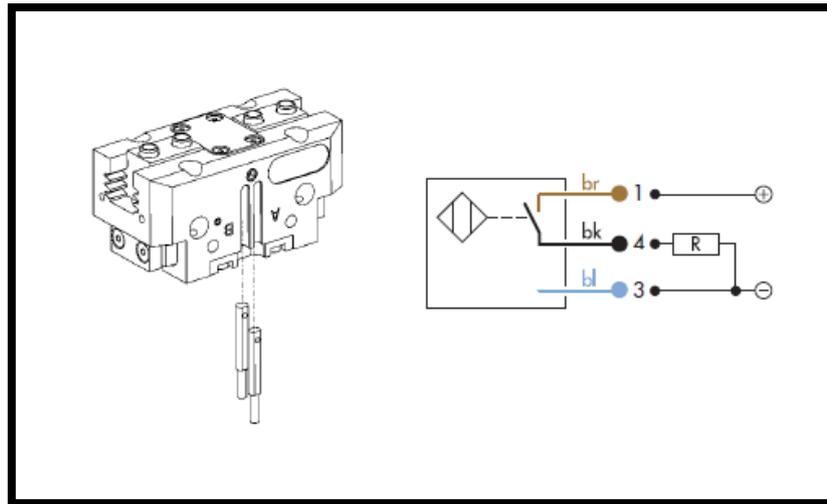
Para las señales eléctricas, debido a que se tienen 3 herramientas, hay que diferenciar mediante entradas digitales cual es la herramienta que tiene cogida el robot. Para ellos se utilizan 3 señales:

- Pin6-RI6 Herramienta cogida: esta señal esta puenteada directamente con el pin 8 (24V), en el momento que el robot coge la herramienta esta señal se pondrá a 1. Es una señal que asegura que hay herramienta en la muñeca.
- Pin1/Pin2-RI1/RI2 Selección de herramienta: Con la combinación de estos bits sabremos la herramienta que tiene el robot en la muñeca. En función de la herramienta el conector se cableará de una manera u otra. Las combinaciones son las siguientes:
 

○ 2Dedos	RI1:ON	RI2:ON
○ 3Dedos	RI1:ON	RI2:OFF
○ Desbarbador	RI1:OFF	RI2:ON

En la herramienta 2 dedos se realiza un puente del pin 8 al pin 1 y 2. Por tanto en el momento que el robot coja la herramienta 2 dedos el pin 1 y 2 tendrán un 1 permanente.

Tanto la pinza como el compensador se equipan con detectores para saber la posición en la que se encuentran. En el caso del compensador se ha visto que se coloca un reed para saber su posición de reposo, en cambio para la pinza se colocan dos reed para saber si la pinza está abierta o cerrada.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 8.15 Reeds pinza 2 dedos

El reed consta de 4 hilos numerados según la conexión en el conector, como se observa en la figura anterior. Pin 1 y 3 alimentación y 4 la señal, el cable 2 no se utiliza. Las conexiones se realizan de la siguiente manera:

- Pin 9/24V: Pin 1 reed compensador
- Pin 10/24V: Pin 1 reeds pinza (2 cables)
- Pin 11/0V: Pin 3 reed compensador
- Pin 12/0V: Pin 3 reeds pinza (2 cables)
- Pin 3/RI3: Pin 4 reed pinza abierta
- Pin 4/RI4: Pin 4 reed pinza cerrada
- Pin 5/RI5: Pin 4 reed compensador posición inicial

Por tanto las señales eléctricas en el conector SWA son:

SWA	2 Dedos	Descripción
1-RI1	Pin8 (puente)	Selección 2 dedos
2-RI2	Pin8 (puente)	Selección 2 dedos
3-RI3	Pin4 reed	Pinza abierta
4-RI4	Pin4 reed	Pinza cerrada
5-RI5	Pin4 reed	Compensador reposo
6-RI6	Pin8 (puente)	Herramienta cogida
7-XHBK		
8-24V	1-2 puente	Selección 2 dedos
9-24V	1 reed	Compensador
10-24V	1 reed	pinza x2
11-0V	3 reed	Compensador
12-0V	3 reed	pinza x2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.3. Pineado SWA/2 dedos

Las conexiones se pueden ver con más detalle en los planos eléctricos.

Para las señales neumáticas, se utiliza la conexión 1 y 2 del SWA para abrir y cerrar la pinza. Estas señales se activan mediante la controladora con la señales RO3 para abrir y RO4 para cerrar. La conexión 3 y la conexión 4, al no ser utilizadas hay que colocar una tapón de M5 a cada una.

### 8.4.3 Herramienta 3 dedos

Esta herramienta únicamente ha de coger las piezas cilíndricas que son de 40mm de diámetro \* 120 mm de altura. Para ello se utiliza una pinza 3 dedos de la marca Schunk PZN plus.

Es una herramienta de ensamblado para el montaje de ejes pequeños y medianos, universal con gran fuerza de agarre y elevada absorción de momentos, es una solución estándar óptima para muchos campos de aplicación. Para la elección se ha tenido en cuenta la recomendación del cliente y la versatilidad y sencillez de manejo e instalación.

Igual que pasa con el SWS y la PGN, de la PZN plus hay diversos modelos en función del tamaño y la aplicación. Para el tamaño se escoge la medida 50 y la carrera de 4mm para tener mayor juego a la hora de coger las piezas. Por último para tener opciones diversas se escoge que la pinza sea normalmente cerrada, ya que la PGN se escoge normalmente abierta.

Por tanto la referencia final es “PZN plus 50 1 AS”.



Fuente: Robot accesories Schunk.pdf

Figura. 8.16 PZN plus

### Compensador

A parte de la pinza el cliente estableció que cada herramienta tuviera un compensador de posición, y que estos fuesen de diferentes tipos. El fabricante recomienda un compensador que se adapta perfectamente a esta pinza, este compensador a diferencia del escogido para la PGN tiene más holgura de movimiento y a su vez no es tan rígido. Incluso con grandes aceleraciones se desplaza la herramienta sobre la muñeca, el anterior compensador al tener una rigidez mayor solo se desplaza si existe colisión.

El compensador escogido es (AGE-F-XY-040-3).



Fuente: Robot accesories Schunk.pdf

Figura. 8.17 Compensador AGE-F

Al igual que el anterior, este compensador puede saber si el compensador está en la posición inicial mediante un sensor magnético de posición.

## Dedos

Por último quedaría equipar a la herramienta con los dedos de agarre, el fabricante opcionalmente ofrece unos dedos genéricos que el instalador tiene que mecanizar en función de la pieza que ha de coger. Estos dedos son de aluminio y ya vienen preparados para una precisa unión con la pinza, la referencia es ABR-plus 50.

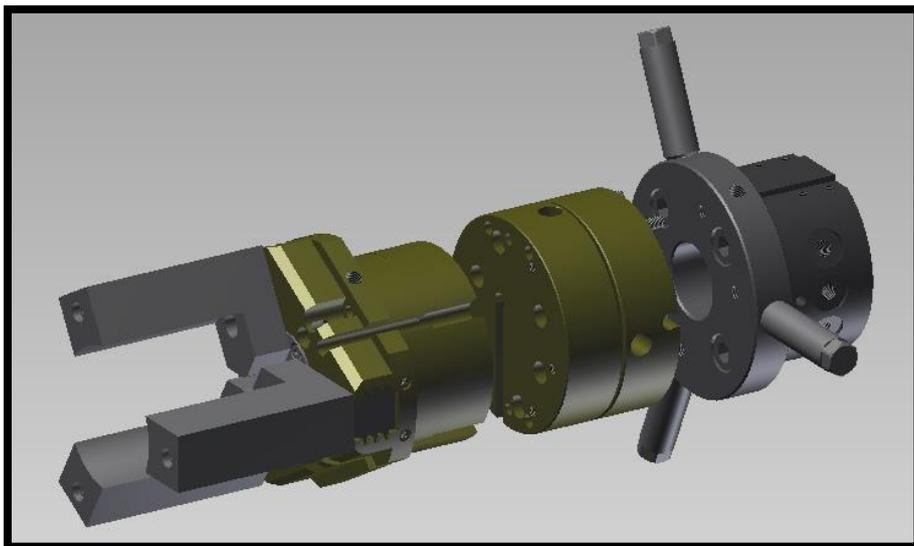
Para el mecanizado de los dedos hay que tener en cuenta que la carrera es de 4mm por dedo, se mecanizan los dedos con la forma redondeada del diámetro de la pieza, teniendo en cuenta los 4 mm de carrera, con la pinza cerrada los dedos crean un diámetro de 38 mm entre dedos para asegurar la cogida y una distancia de 46mm con la pinza abierta.

El plano del mecanizado de los dedos está en el documento planos.

## Montaje

Por tanto la herramienta completa 3 dedos queda de la siguiente forma:

- 1- SWA: Cambio de herramienta lado herramienta
- 2- AGE-F: compensador x-y-z
- 3- PZN plus: Pinza 3 dedos
- 4- ABR: dedos estándar mecanizados



Fuente: Elaboración propia

Figura. 8.18 Pinza 3 dedos completa

El orden de montaje sería primero acollar el compensador sobre el SWA, posteriormente la pinza sobre el compensador y finalmente los dedos sobre la pinza. El montaje no necesita ningún tipo de placa adaptadora ni mecanización, ya que son productos del mismo fabricante y se adapta a la perfección.

### Señales

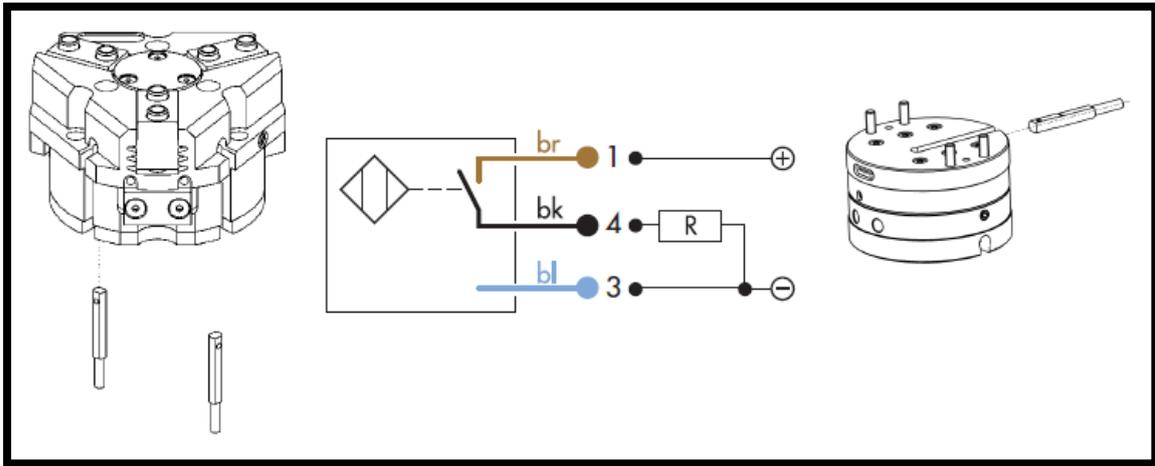
Mediante el SWS se transfieren todas las señales, tanto eléctricas como neumáticas, por tanto mediante el conector de SWA de 15 pines y en los 6 agujeros de M5 se pueden acceder a todas las señales.

Para las señales eléctricas, como se ha comentado anteriormente hay que diferenciar mediante entradas digitales cual es la herramienta que tiene cogida el robot. Para ellos se utilizan 3 señales:

- Pin6-RI6 Herramienta cogida: esta señal esta puentada directamente con el pin 8 (24V), en el momento que el robot coge la herramienta esta señal se pondrá a 1. Es una señal que asegura que hay herramienta en la muñeca.
- Pin1/Pin2-RI1/RI2 Selección de herramienta: Con la combinación de estos bits sabremos la herramienta que tiene el robot en la muñeca. En función de la herramienta el conector se cableará de una manera u otra. Las combinaciones son las siguientes:
  - 2Dedos      RI1:ON      RI2:ON
  - 3Dedos      RI1:ON      RI2:OFF
  - Desbarbador RI1:OFF      RI2:ON

En la herramienta 3 dedos se realiza un puente del pin 8 al pin 1. Por tanto en el momento que el robot coja la herramienta 3 dedos el pin 1 tendrá un 1 permanente.

Tanto la pinza como el compensador se equipan con detectores para saber la posición en la que se encuentran.



Fuente: Robot accesories Schunk.pdf

Figura. 8.19 Reeds pinza 3 dedos

El reed consta de 4 hilos numerados según la conexión en el conector, como se observa en la figura anterior. Pin 1 y 3 alimentación y 4 la señal, el cable 2 no se utiliza. Las conexiones se realizan de la siguiente manera:

- Pin 9/24V: Pin 1 reed compensador
- Pin 10/24V: Pin 1 reeds pinza (2cables)
- Pin11/0V: Pin 3 reed compensador
- Pin12/0V: Pin 3 reeds pinza (2 cables)
- Pin3/RI3: Pin4 reed pinza abierta
- Pin4/RI4: Pin4 reed pinza cerrada
- Pin5/RI5: Pin4 reed compensador posición inicial

Por tanto las señales eléctricas en el conector SWA se pueden ver en la tabla 8.4.

Las conexiones se pueden ver con más detalle en los esquemas eléctricos.

Para las señales neumáticas, se utiliza la conexión 1 y 2 del SWA para abrir y cerrar la pinza. Estas señales se activan mediante la controladora con la señales RO3 para abrir y RO4 para cerrar. La conexión 3 y la conexión 4, al no ser utilizadas hay que colocar una tapón de M5 a cada una.

SWA	3 Dedos	Descripción
1-RI1	Pin8 (puente)	Selección 3 dedos
2-RI2		Selección 3 dedos
3-RI3	Pin4 reed	Pinza abierta
4-RI4	Pin4 reed	Pinza cerrada
5-RI5	Pin4 reed	Compensador reposo
6-RI6	Pin8 (puente)	Herramienta cogida
7-XHBK		
8-24V	1 (puente)	Selección 3 dedos
9-24V	1 reed	Compensador
10-24V	1 reed	pinza x2
11-0V	3 reed	Compensador
12-0V	3 reed	pinza x2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.4. Pineado SWA/3 dedos

#### 8.4.4 Herramienta Desbarbador

Esta herramienta es la encargada de desbarbar las piezas que se mecanizan en la máquina CNC, será la última operación que se realice sobre la pieza.

La herramienta la controla el robot, perfilando la pieza a desbarbar. Mediante energía neumática el desbarbador puede girar hasta 60000 rpm.



Fuente: Robot accesories Schunk.pdf

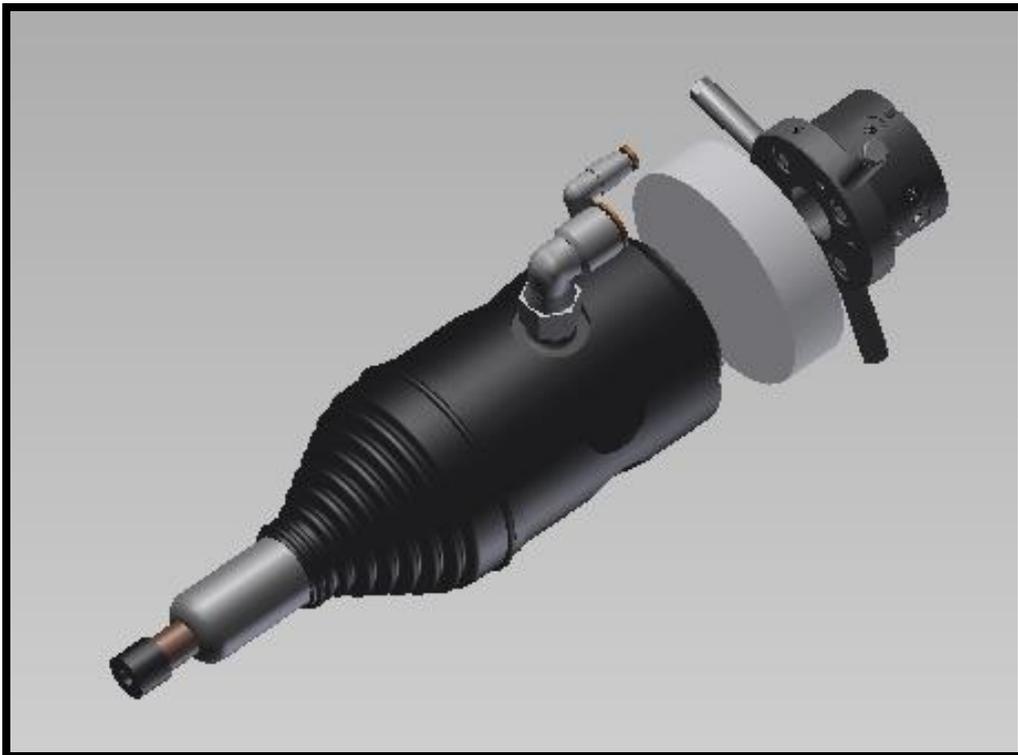
Figura. 8.20 Desbarbador

Para la célula el cliente recomienda el desbarbador FBD 300 de Schunk, este desbarbador tiene la peculiaridad que aparte de la entrada de aire para girar, tiene otra entrada para bloquear o desbloquear la basculación de la herramienta sobre la pieza. Es como un compensador ya instalado en la propia herramienta.

### **Montaje**

Para el montaje de la herramienta desbarbador, es necesario un adaptador que facilita el fabricante, para adaptarlo al SWA 005. Esto es debido a que este desbarbador se puede montar en el robot, o montarlo estáticamente y el robot manipular la pieza. En este caso al estar la pieza estática y mover el propio robot el desbarbador se necesita el adaptador. La referencia es FDB-APL-1 5.

El orden de montaje sería primero acollar la placa adaptadora sobre el SWA y posteriormente el desbarbador sobre la placa adaptadora. En la siguiente figura se muestra el montaje final.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 8.21 Desbarbador completo

## Señales

Mediante el SWS se transfieren todas las señales, tanto eléctricas como neumáticas, por tanto mediante el conector de SWA de 15 pines y en los 6 agujeros de M5 se pueden acceder a todas las señales.

Para las señales eléctricas, como se ha comentado anteriormente hay que diferenciar mediante entradas digitales cual es la herramienta que tiene cogida el robot. Para ellos se utilizan 3 señales:

- Pin6-RI6 Herramienta cogida: esta señal esta puenteadada directamente con el pin 8 (24V), en el momento que el robot coge la herramienta esta señal se pondrá a 1. Es una señal que asegura que hay herramienta en la muñeca.
- Pin1/Pin2-RI1/RI2 Selección de herramienta: Con la combinación de estos bits sabremos la herramienta que tiene el robot en la muñeca. En función de la herramienta el conector se cableará de una manera u otra. Las combinaciones son las siguientes:
  - 2Dedos            RI1:ON            RI2:ON
  - 3Dedos            RI1:ON            RI2:OFF
  - Desbarbador    RI1:OFF            RI2:ON

En la herramienta desbarbador se realiza un puente del pin 8 al pin 2. Por tanto en el momento que el robot coja la herramienta el pin 2 tendrá un 1 permanente.

En este caso la herramienta no utiliza ninguna entrada para saber su estado, únicamente las que necesita el robot para saber la herramienta que tiene cogida.

Por tanto las señales eléctricas en el conector SWA se puede observar en la tabla 8.5.

Para las señales neumáticas, se utiliza la conexión 1 y 2 del SWA para habilitar o deshabilitar el giro del desbarbador y la conexión 3 y 4 para bloquear o desbloquear la basculación de la herramienta. Estas señales se activan mediante la controladora con las señales RO3 para habilitar giro, RO4 para deshabilitar giro, RO5 para bloquear y RO6 para desbloquear. A diferencia de las anteriores herramientas, el desbarbador es el único que utiliza la tercera válvula.

SWA	3 Dedos	Descripción
1-RI1		Selección desbarbador
2-RI2	Pin8 (puente)	Selección desbarbador
3-RI3		
4-RI4		
5-RI5		
6-RI6	Pin8 (puente)	Herramienta cogida
7-XHBK		
8-24V	2 (puente)	Selección desbarbador
9-24V		
10-24V		
11-0V		
12-0V		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.5. Pineado SWA/Desbarbador

Las conexiones se pueden ver con más detalle en los esquemas eléctricos

#### 8.4.5 Peso en la muñeca del robot

Es muy importante asegurar que el robot podrá coger sin problemas las piezas, para ello se asegura que no se sobrepasa el peso máximo que admite el robot. Cada vez que el robot cambie de herramienta, por programa se le asigna el peso de la herramienta; para el robot poder realizar los movimientos de forma más óptima. El robot al saber el peso, sabrá la velocidad máxima a la que puede moverse sin problemas, teniendo en cuenta las inercias.

Para todas las herramientas se tendrá un peso fijo que sería el del SWK, su adaptador y la pieza cuadrada que sería la más pesada de las 2.

Se tiene:

- SWK – 0.27kg según fabricante
- Adaptador SWK- la densidad del acero es de 2.7g/cm<sup>3</sup>.  
Volumen pieza: 22.6cm<sup>3</sup>  
Peso: 0.06kg
- Pieza cuadrada - la densidad del acero es de 2.7g/cm<sup>3</sup>.  
Volumen pieza: 192cm<sup>3</sup>  
Peso: 0.52kg

Por tanto se tiene un peso fijo de **0.85 kg**

Se calcula el peso para cada herramienta.

Herramienta 2 dedos:

- SWA – 0.15kg según fabricante
- Compensador TCU – 0.2kg según fabricante
- Pinza PGN plus – 0.7kg según fabricante
- Dedos ABR – 0.04kg x 2 : 0.08kg

Para esta herramienta se tiene un peso total de **1.94 Kg**

Herramienta 3 dedos:

- SWA – 0.15kg según fabricante
- Compensador AGE-F – 0.3kg según fabricante
- Pinza PZN plus – 1.6 kg según fabricante
- Dedos ABR – 0.04kg x 3 : 0.12kg

Para esta herramienta se tiene un peso total de **3.02 Kg**

Herramienta desbarbador:

- SWA – 0.15kg según fabricante
- Placa adaptadora – 0.07kg según fabricante
- Desbarbador FBD 300 –1.15kg según fabricante

Para esta herramienta se tiene un peso total de **2.22 Kg**

La herramienta más pesada es la pinza de 3 dedos, es un peso con mucho margen, ya que el máximo que soporta el robot es de 7kg. Hay que tener en cuenta que el peso aumentará debido a la conexión de racores, reeds, tubos y conectores; pero este peso será insignificante respecto al peso general.

## 9. Estaciones célula

La funcionalidad de la célula es de mecanizar piezas, el robot en función del tipo de pieza que coja del alimentador la ha de cargar en la maquina CNC y esta se encarga del mecanizado; posteriormente el robot descarga la pieza para transportarla a la estación de desbarbado, donde el propio robot ha de desbarbar la pieza para después darle salida hacia la siguiente máquina. Para saber el tipo de pieza que tiene el robot se utiliza la estación de control de calidad, si la pieza que coge el robot no es la que se ha de mecanizar, este la depositará en la zona de rechazo.

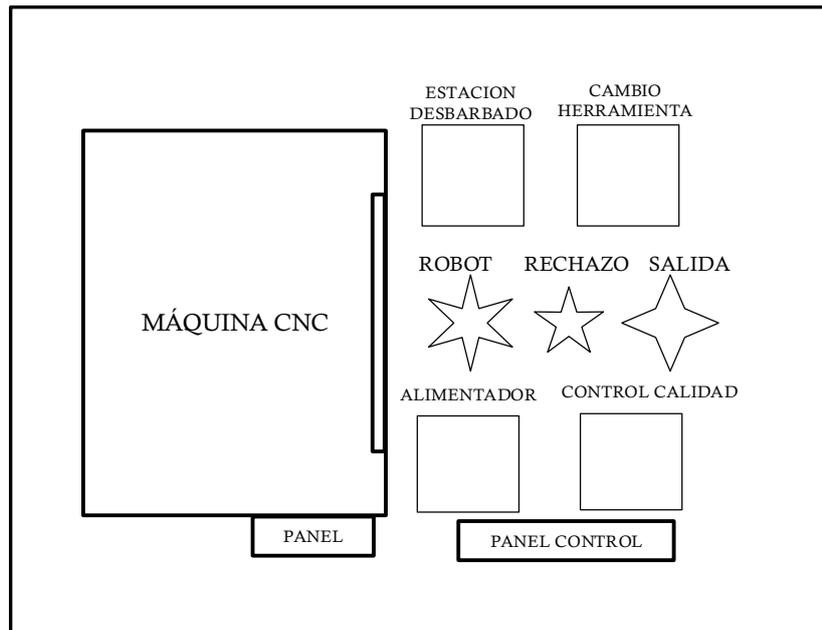
Para realizar este proceso la célula está equipada con diferentes estaciones, más adelante se desarrolla el diseño de cada estación en profundidad.

- Robot principal Fanuc LRMate-200iD
- Maquina CNC Robodrill M21
- Estación de desbarbado de piezas
- Estación control de calidad
- Estación de intercambio de herramienta
- Alimentador de piezas
- Zona de rechazo
- Zona de salida piezas
- Panel de control

El robot realmente no es una estación, sino que es el elemento principal de la célula que interactúa con las diferentes estaciones, es por eso que ya se han comentado sus peculiaridades en un capítulo anterior.

Para diseñar la célula se concreta su ubicación, los elementos que la componen, las conexiones eléctricas con el armario concentrador de señales y peculiaridades a tener en cuenta en la programación.

En el estudio del anteproyecto se determinan la ubicación orientativa de cada estación y se comprueba que el robot tiene acceso a toda la superficie de la bancada, se tiene una idea de cómo quedan distribuidas sobre la bancada y alrededor del robot. (Figura 9.1)



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.1 Layout estaciones célula

## 9.1 Alimentador

El alimentador es la estación encargada de proveer de piezas al sistema, puede suministrar piezas de 2 tipos:

- Cuadrada de 40mm de lado y una altura de 120mm
- Cilíndrica de 40mm de diámetro y una altura de 120mm

Debido a que la maquina no entrará en producción se decide que el alimentador suministre un número de piezas limitado y al finalizar el ciclo se ha de realizar una reposición manual. Esto facilita la integración y fabricación, y no afecta en exceso a la célula, ya que es para realizar exposiciones y pruebas.

### 9.1.1 Ubicación y detalles mecánicos

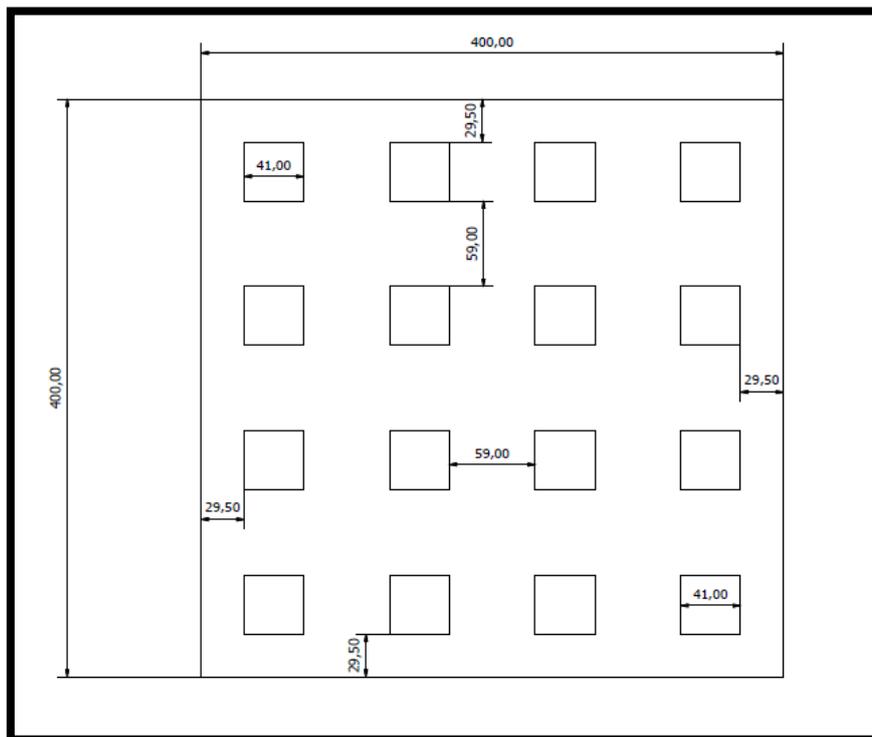
El alimentador es una bandeja donde se colocan las piezas en forma de matriz de 4 x 4, teniendo entre ellas la misma distancia.

La bandeja ha de tener una altura suficiente para que las piezas sean estables, y estar montado sobre una guía con tope final para que siempre se coloque en el mismo sitio.

Por tanto para el diseño mecánico hay que tener en cuenta la altura de la bandeja teniendo en cuenta la altura de 120 mm de las piezas, el guiado de la bandeja, el tope final y algún tipo de fijación para que una vez se monte quede bien sujeta y en la misma posición.

Para poder alojar en la bandeja los 2 tipos de pieza y en la misma posición, se realizan unos alojamientos cuadrados de lado 41mm, de esta forma las piezas cuadradas de lado 40mm y las piezas cilíndricas de 40mm de diámetro se podrán colocar sin problema. Al ser cuadradas también se fija la posición de la pieza cuadrada, ya que para coger esta pieza tiene que estar siempre en la misma posición. El juego que tengan las piezas sobre la bandeja de 1 mm, serán absorbidos por el compensador y por la repetibilidad del robot, el robot no siempre se posiciona en la misma posición exacta.

Las dimensiones de la bandeja y de la matriz son las siguientes:

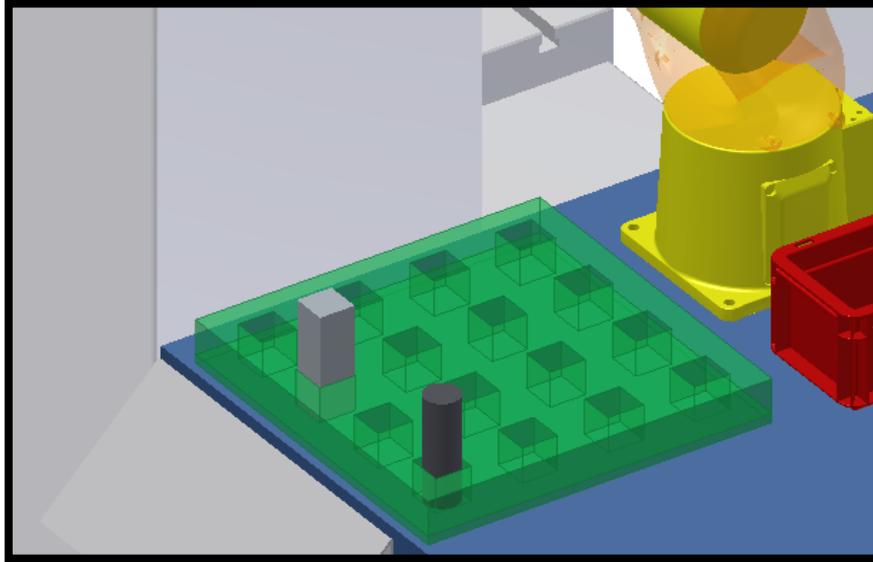


Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.2 Dimensiones bandeja

La distancia entre alojamientos es la misma para todas las piezas, dejando entre ellas una distancia suficiente para que el robot no tenga problemas de cogida.

Las piezas del alimentador se cogerán con la herramienta perpendicular al suelo, la colocación de alguna pieza se puede observar en la siguiente figura. (Figura 9.3)



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.3 Piezas en bandeja

Para ubicar la bandeja aparte de la zona establecida en el anteproyecto, se ha tenido en cuenta 2 factores:

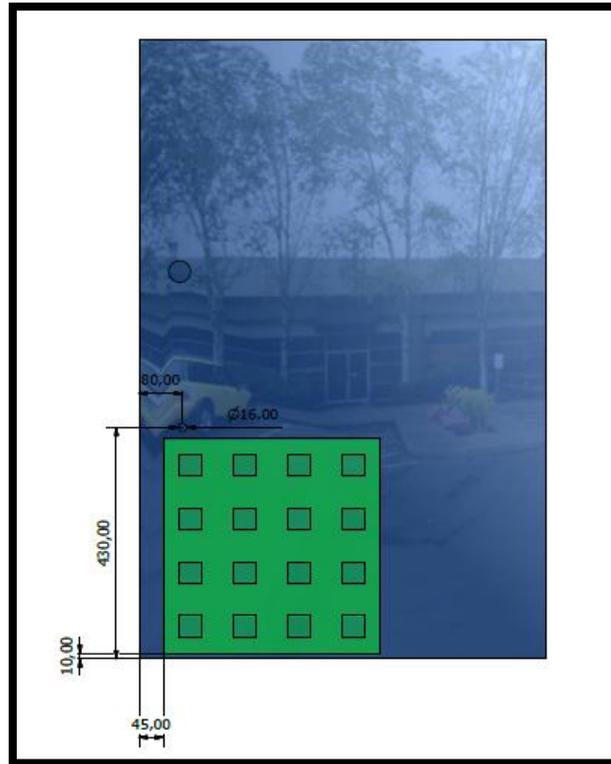
- 1- Tiene que quedar a una distancia suficiente para que el robot alcance, tiene que haber una distancia desde la base del robot a la primera línea de piezas del alimentador.
- 2- La célula va protegida por unas planchas de policarbonato, que más adelante se detallan. Esta protección se sujeta mediante perfiles de aluminio en las esquinas de la bancada, por eso respecto a la esquina hay que dejar una distancia suficiente para colocar los perfiles.

Teniendo en cuenta estos detalles las medidas de ubicación de la bandeja se pueden observar en la figura 9.4.

### 9.1.2 Eléctrico

Al ser una bandeja extraíble, para arrancar la célula con seguridad, hay que asegurarse de que se tiene alimentación de piezas. Por lo tanto hay que equipar a la estación con un sensor para saber si la bandeja está colocada.

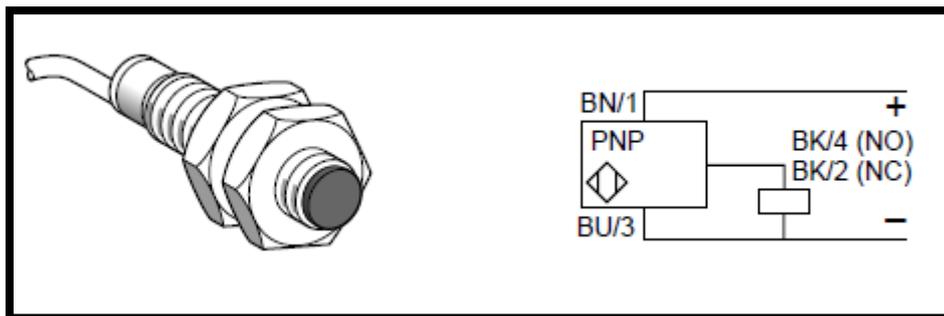
A la bandeja se le coloca una pequeña chapita metálica en la parte más cercana a la base del robot, para allí colocar un sensor inductivo que detecte la presencia de la bandeja.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.4 Ubicación bandeja y paso instalación

Para ello se utiliza un sensor PNP de M8 enrasado con una distancia de detección de 1.5 mm, al tener una distancia de detección tan corta y al estar enrasado, aseguramos la posición de la bandeja.



Fuente: RScomponentes.com

Figura. 9.5 Sensor inductivo

El sensor tiene una manguera de 10m de largo con 4 hilos, como se puede observar en la figura 9.5, 2 hilos son de alimentación y los otros 2 de señal normalmente abierta y normalmente cerrada.

En este caso se conecta el hilo marrón a los 24v del robot en el bornero X20, el cable azul al 0V del armario en el bornero X20, y la señal normalmente cerrada al borne X21:6 que corresponde a la entrada DI6 de la controladora.

Para pasar el cable del armario concentrador de señales a la estación de alimentación, se utiliza la bandeja *rejiband* hasta llegar a la ubicación de la bandeja, donde el cable se pasa por el agujero de diámetro 16 mm realizado en la superficie de la bancada. La ubicación de este agujero se puede observar en la figura 9.4.

### 9.1.2 Programación

En esta estación la funcionalidad es que el robot en cada ciclo coge una pieza diferente, siguiendo siempre un patrón hasta coger todas las piezas.

Para esta estación el robot tiene que estar equipado con la pinza 2 dedos, ya que hasta que no se inspecciona la pieza no se sabe si es redonda o cuadrada, al tener la pinza 2 dedos puede coger cualquiera de las 2. Si no estuviera equipado con esta herramienta antes de iniciar el proceso tiene que cambiar de herramienta.

Como la distancia entre piezas es siempre la misma, para seguir el patrón de cogida se establece un punto de cogida base, que sería el punto de la primera pieza. El robot cada vez que coge una pieza va aumentando un contador para saber las piezas que ya ha cogido, por tanto como el robot sabe la pieza que ha de coger en cada momento se suma a la posición base la distancia a la que se encuentra la siguiente pieza a coger. Esta es una funcionalidad que permite la controladora Fanuc, de esta manera solo hay que programar un único punto y a partir de este se calculan todos los demás. Estas operaciones con coordenados solo se permiten para los tipos de punto PR (posición de registro), en el capítulo 11 se explica más detenidamente.

Una vez se detalla la posición de cogida, la herramienta tiene que posicionarse a una altura de 10mm en el eje z de la pieza, para después solo bajar 40mm en el sentido de z. Esto permite coger la pieza de manera segura y sin colisión. A la hora de cerrar la pinza para realizar la cogida es necesario esperar que el sensor de pinza cerrada este activado, igual pasa a la hora de abrir la pinza.

## 9.2 Control de calidad

Se entiende como control de calidad a la inspección y verificación de calidades como por ejemplo de piezas mecanizadas basada en visión artificial, pero en este caso se ha preparado la estación para determinar el tipo de pieza que se está fabricando, que distinga si la pieza seleccionada es un cilindro o es una pieza rectangular, tiene que ser capaz de descartar esa diferencia ya que en la máquina de CNC pueden producirse los 2 tipos de pieza.

No quiere decir que dicha estación no sea capaz de realizar una inspección para determinar calidades en el acabado del proceso de fabricación, pero en el programa de exposición con el que se pretende mostrar las funcionalidades de la célula no ejerce como tal.

Para realizar dicha función se equipa a la estación con un sensor de visión (Checker) de la marca Cognex, este tipo de sensor es el hermano pequeño de las cámaras de visión. No es una cámara en sí, pero tiene muchas funcionalidades similares. Mediante la comprobación de patrones preestablecidos es capaz de distinguir color, luminosidad, brillo y contraste; siempre referente al patrón. Es muy útil para pequeñas aplicaciones de visión que no se necesite una gran precisión de detalle de la imagen.

### 9.2.1 Ubicación y detalles mecánicos

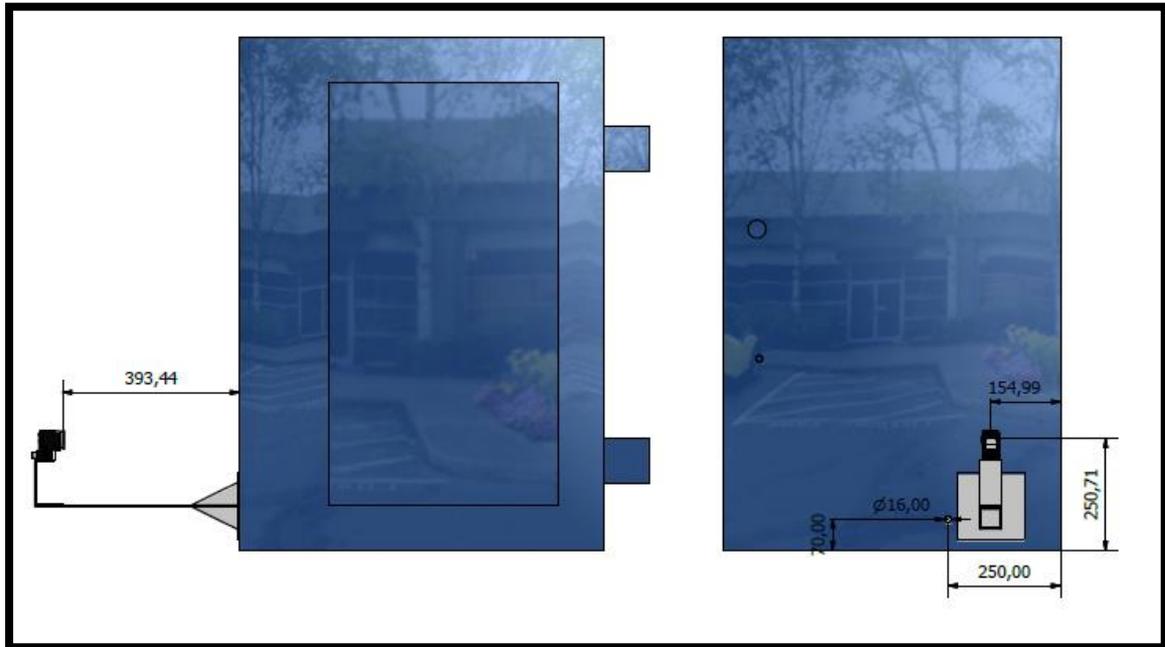
El factor más importante que determina la posición de la estación es la ubicación de la cámara, el fabricante recomienda que la distancia entre el elemento a inspeccionar y la cámara no supere los 300mm. Otro dato a tener en cuenta es que la herramienta desde la su parte final, los dedos, hasta la articulación número 5, se tiene una distancia de 260mm.

Entre la pieza y la cámara ha de haber todo el brazo del robot, por tanto se tiene:

- Superficie bancada a final pieza – 120mm
- Final pieza a margen seguridad herramienta – 10mm
- Seguridad herramienta a articulación 5 robot – 260mm

Por tanto de la cámara a la superficie de la bancada se tiene una distancia de 390mm, y de la cámara a la superficie de la pieza a inspeccionar de 270mm, suficiente según indica el fabricante.

La ubicación final se tiene en cuenta la colocación del perfil para la protección de la célula y en centrar la cámara dentro de la ubicación de la estación.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.6 Sensor inductivo

Para la sujeción de la cámara se ha de realizar un soporte similar al de la figura 9.6, teniendo en cuenta:

- Tanto en altura como en distancia desde el soporte hasta la cámara, tiene que poder regularse, se han de fabricar los soportes con colisos. De esta manera se puede realizar un ajuste fino de la posición o variar la posición por futuros cambios.
- La parte de la lente de la cámara ha de quedar libre de obstáculos.
- La cámara se sujeta por la parte trasera, como se puede ver en la figura 9.6

## 9.2.2 Eléctrico

Para realizar el conexionado eléctrico es necesario adquirir junto con la cámara una manguera especial con conector (C3G-CBL-001), la alimentación de la cámara y todas las señales de control y estado se suministra desde dicha manguera.

La cámara necesita una alimentación de 24 VDC i una intensidad de al menos 250 mA; para las señales, la tensión de trabajo es 24 VDC pero con la peculiaridad de que en

función de cómo se alimenten los comunes se puede trabajar con señales PNP o NPN; debido a que todas las señales de la célula son PNP se debe alimentar el común de la entradas con el común de la fuente de alimentación (0V) y el común de las salidas con +24 VDC.

Las señales que se necesitan de esta estación son:

- Entradas
  - Trigger: disparo de la cámara, cada vez que se active esta señal la cámara realizará un diagnóstico.
  - Selección de programa: cuando se quiera realizar un cambio de programa, hay que activar esta entrada para confirmar el cambio.
  - Programa: si la señal está en estado bajo, false, estará seleccionado el programa “1” y si en cambio está en estado alto, true, se seleccionará el programa “2”. Este cambio no se hará efectivo hasta que no se confirme mediante la señal “programa”.
- Salidas
  - Pieza mala: si la pieza inspeccionada es defectuosa cambiará el estado de la salida a 1, así permanecerá hasta que haya otro disparo.
  - Cámara en run: esta señal permanecerá activa siempre que la cámara este operativa.

Para realizar el conexionado el fabricante facilita una tabla donde aparece el pin del conector y el color de cable de cada señal. (Figura 9.7)

Para pasar el cable del armario concentrador de señales a la estación de control de calidad, se utiliza la bandeja *rejiband* hasta llegar a la ubicación de la estación, donde el cable se pasa por el agujero de diámetro 16 realizado en la superficie de la bancada. La ubicación de este agujero se puede observar en la figura 9.6.

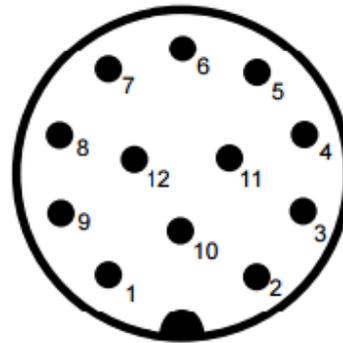
Por lo tanto las conexiones necesarias serán:

- Pin 7-8: Alimentación -24v de la fuente
- Pin 6: Común entradas 0V - -0v X20:2
- Pin 9: Común salidas +24VDC -24v robot X20:1
- Pin1: Entrada-Cambio de programa -X22:9 DO9

- Pin 2: Entrada-Bit 1 Programa -X22:10 DO10
- Pin 10: Entrada-Trigger -X22:8 DO8
- Pin11: Salida-Cámara en run -X21:10 DI10
- Pin12: Salida-Pieza mala -X21:11 DI11

En esquemas eléctricos aparecen las conexiones con la controlada del robot de forma más detallada.

Lead Color	Signal	M12 Pin
RED	24 VDC +	7
BLACK	24 VDC -	8
VIOLET	RETRAIN	5
YELLOW	JOB CHANGE	1
WHITE/YELLOW	JOB SELECT 0	2
BROWN	JOB SELECT 1	3
WHITE/BROWN	JOB SELECT 2	4
ORANGE	TRIGGER	10
WHITE/VIOLET	INPUT COMMON	6
BLUE	OUTPUT 0	11
GREY	OUTPUT 1	12
GREEN	OUTPUT COMMON	9



**Note:** Pin numbers for male connector on Checker 3G are shown.

Fuente: 3g\_users\_guide.pdf

Figura. 9.7 Pinedo conexión cámara

## 9.2.3 Programación

### Programación robot

La función de esta estación es determinar si la pieza que ha cogido el robot es cuadrada o redonda. Se pueden diseñar múltiples programas con la estación, pero para realizar el primer programa de pruebas se determina que el robot descarta las piezas cuadradas y únicamente la máquina CNC va a mecanizar las piezas redondas.

El robot viene de la estación de alimentación con una pieza cogida por la herramienta 2 dedos, si la cámara está operativa el robot posiciona la pieza en la zona de inspección y se retira. Una vez está fuera de la zona de inspección activa el disparo de la cámara, si la pieza es mala lo que quiere decir que es cuadrada, el robot coge la pieza y se va a la zona de rechazo; si la pieza es buena, redonda, el robot realiza un cambio de herramienta a la

herramienta 3 dedos, vuelve a coger la pieza y se marcha a la estación de la maquina CNC.

### **Programación cámara**

La aplicación de la estación de calidad será la de determinar si la pieza con la que vamos a trabajar es redonda o cuadrada, por lo tanto se necesitan 2 programas que diferencien con que pieza se va a trabajar, para siempre dar por buena la pieza que se ha seleccionado como pieza de trabajo.

Este tipo de cámara como se ha comentado anteriormente trabaja a partir de patrones, cada vez que se realiza una captura se compara el patrón con la imagen actual condicionado por 3 tipos de inspección.

Cada inspección tiene su propio umbral de trabajo para realizar una inspección robusta y fiable, los tipos de inspección son:

- **Luminosidad:** esta inspección utiliza la característica del brillo, muy útil para piezas que presenten variaciones al efecto de la luz.
- **Contraste:** esta inspección utiliza la característica de la diferencia de tono claro u oscuro, si se tiene un fondo oscuro con piezas claras puede ser una inspección muy útil.
- **Patrón:** esta inspección se suele utilizar si no se puede trabajar con las inspecciones comentadas anteriormente, sigue un patrón de forma para realizar el chequeo pero siempre basándose en la luminosidad y el contraste.

Para la aplicación del proyecto se utilizará la inspección de luminosidad, debido al gran reflejo que presenta la pieza de aluminio al efecto del flash, teniendo un fondo oscuro mate.

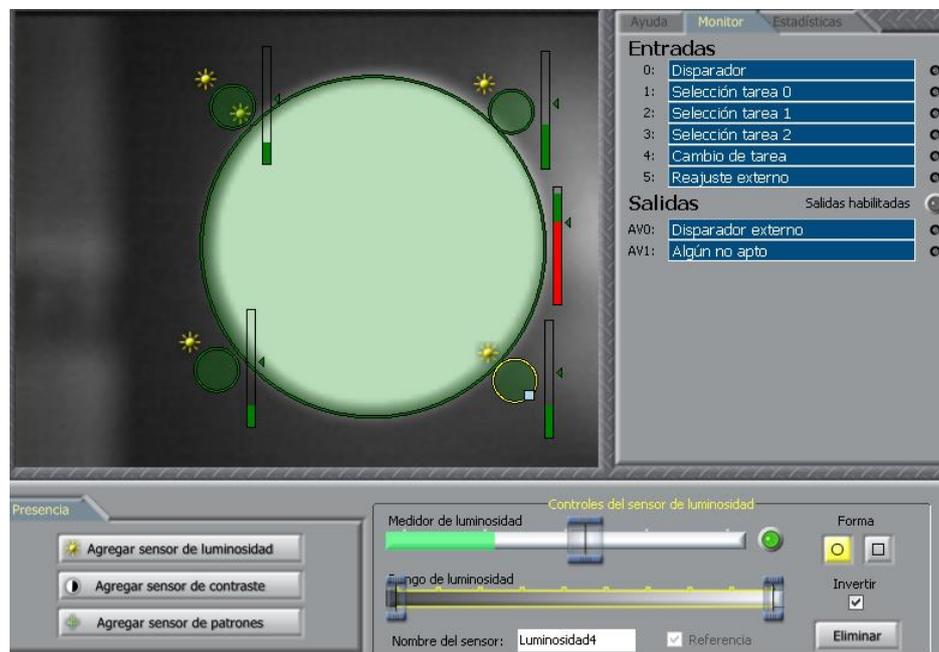
### **Verificación pieza redonda:**

Se crea un área de la forma redonda justo de la medida de la pieza, esta inspección determinará si hay o no hay pieza, en el momento que se realice la captura el flash iluminará la pieza y se tendrá toda la pieza reflejada en la imagen, en el caso que no hubiese pieza no se recibirá ningún tipo de reflejo.

Esta primera inspección realmente no es suficiente para esta aplicación, ya que si hay una pieza cuadra también reflejará esa zona; por lo tanto se tiene que condicionar más la inspección.

Se colocan en las esquinas unas pequeñas inspecciones de luminosidad, pero trabajando de forma inversa, para que determine que la pieza es mala si detecta reflejo de luz, de esta manera sabremos diferenciar la pieza cuadrada, porque que en este punto generará reflejo.

Mediante un simulador se ha testado el programa, a continuación se puede observar la inspección de una pieza redonda.



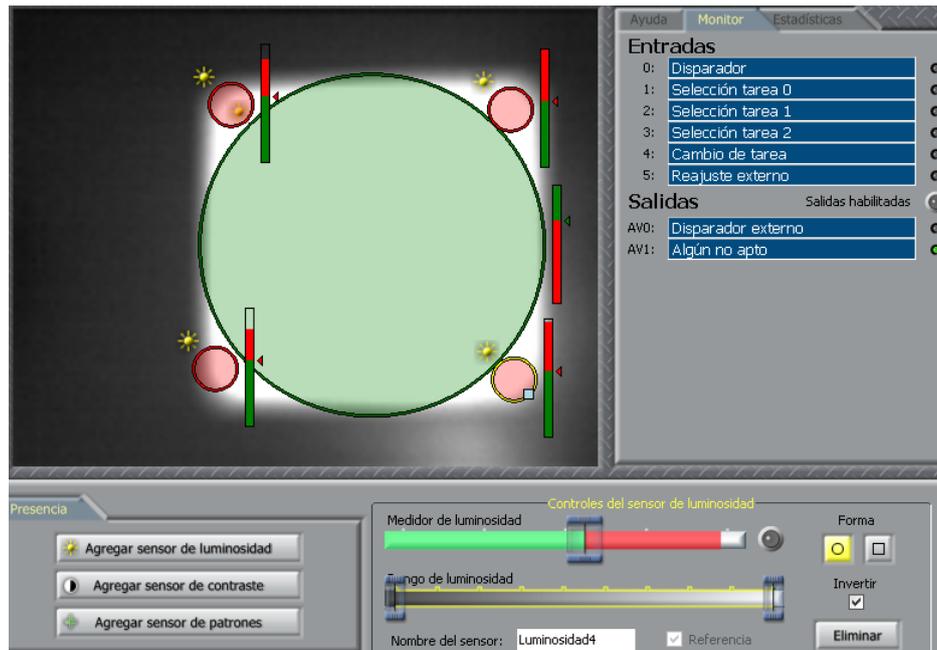
Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.8 Pieza redonda buena

Se puede apreciar que todas las áreas de inspección están en verde, por lo que es una pieza buena, si alguna área de inspección estuviera en rojo la salida de pieza mala se activaría.

En la parte inferior derecha de la imagen aparecen los umbrales de inspección de una de las áreas pequeñas, se ve también como esta seleccionado el trabajo de forma inversa.

Para observar que la inspección es correcta, en la siguiente imagen se checkea una pieza cuadrada.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.9 Pieza cuadrada mala

Se puede apreciar como la cámara determina que es pieza mala, las áreas pequeñas al ver luz dan la pieza como mala.

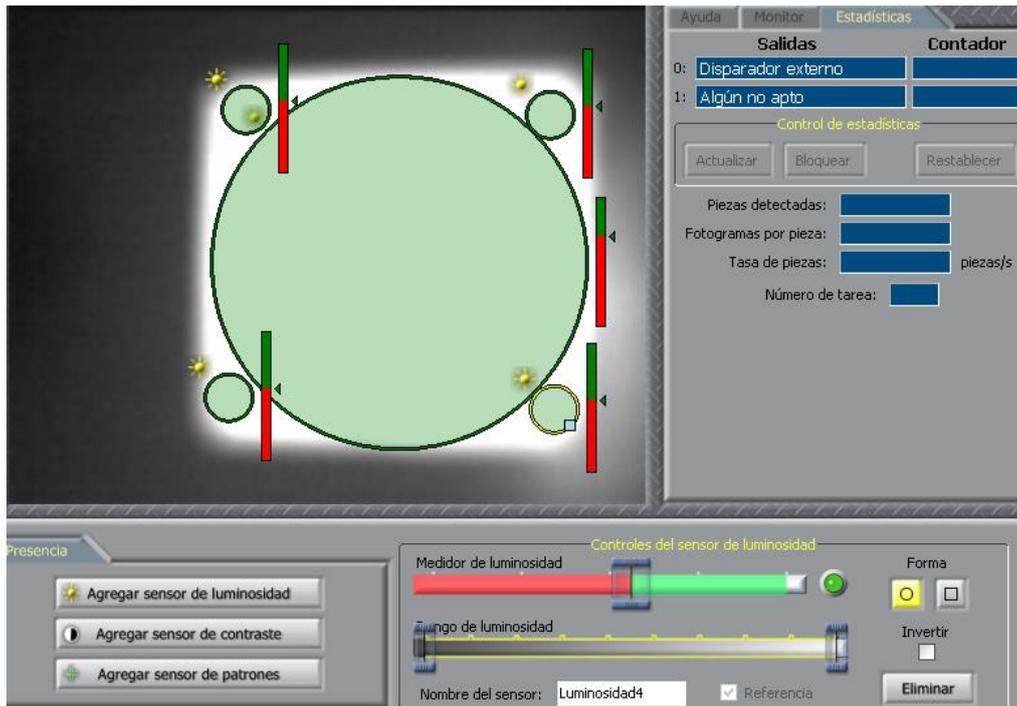
### Verificación pieza cuadrada:

Para verificar la pieza cuadrada se utilizan las mismas herramientas que para la pieza redonda, con la diferencia que las inspecciones pequeñas de las esquinas no estarán invertidas; de esta manera si hay luminosidad en las esquinas es pieza buena y si no la hay es pieza mala.

En la figura 9.10 se realiza la comprobación mediante el simulador.

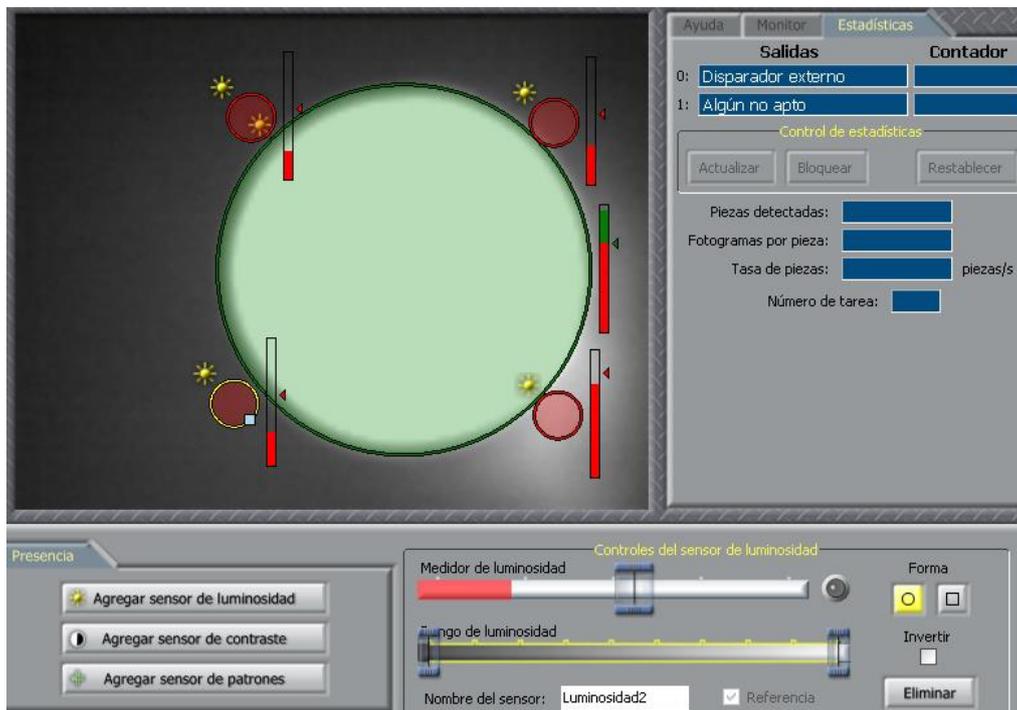
Se puede observar como al no invertir las inspecciones pequeñas al ver luz la cámara da la pieza como buena.

Para confirmar el correcto funcionamiento, en la figura 9.11 se puede observar cómo se da por mala una pieza redonda.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.10 Pieza cuadrada buena



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.11 Pieza redonda mala

## 9.3 CNC

La máquina de control numérico (CNC) es un centro completo y compacto de fresado, roscado y taladrado CNC que ofrece una calidad sin igual y enorme precisión con un rendimiento por hora extraordinario.

La CNC es una estación opcional, debido a la magnitud de la máquina, si la célula se utiliza fuera del *showroom* no se puede trasladar la CNC con la célula. Por tanto hay que tener en cuenta que puede no utilizarse.

La función de la CNC es la de mecanizar las piezas que le suministra el robot.

### 9.3.1 Ubicación y detalles mecánicos

La posición entre el robot y la maquina CNC se determinó de manera detallada en el anteproyecto, ya que la posición de la maquina CNC venía marcada por el cliente y el robot ha de tener un fácil acceso a la zona de carga y descarga de la máquina.

Se estipuló una distancia de 200mm del centro del robot hasta la máquina, y una distancia centrada en el otro eje de coordenadas. Se puede observar la posición de la CNC en la figura 8.2 del capítulo anterior.

### 9.3.2 Eléctrico

Debido a que la maquina CNC no es una simple estación sino que es una maquina independiente, esta tiene sus seguridades y emergencias. Por lo que según normativa hay que interconectar estas seguridades y emergencias. Si la maquina CNC se para por el accionamiento de una seta de emergencia la célula también ha de pararse, al contrario pasa exactamente igual. [4]

Por lo que aparte de las señales de control se tienen unas señales de emergencia.

Todas estas conexiones se realizan mediante un conector situado en la célula, al ser una maquina opcional se ha de facilitar la conexión y desconexión. Este conector será del tipo harting de 24 pines, con la denominación en los planos eléctricos de “XC”.

### **Señales de emergencia**

Como se ha comentado anteriormente las maquinas tienen que compartir emergencias, por lo tanto en la serie de emergencias de entrada del robot, se llevan los 4 hilos, 2 hilos de cada canal de emergencia, para que tenga el mismo efecto cualquier seta de la célula con las setas de la máquina. Estos 4 hilos se conectan en el conector XC de la siguiente manera:

- XC:1 – EES1            -X23:1
- XC:2 – EES11        -X23:2
- XC:3 – EES2         -X23:3
- XC:4 – EES21        -X23:4

Estas señales si no se puentean entre si es imposible arrancar la célula, en el caso de que la maquina CNC no se conecte, hay que preparar un conector que únicamente realice un puente entre los pines 1-2 y 3-4. De esta manera se podría trabajar con la célula sin la maquina CNC

Para las emergencias de salida, se prepara en el conector las conexiones para que la maquina CNC pueda enseriar esta señal en su serie de emergencias.

- XC:5 – ESPB1        -X23:9
- XC:6 – ESPB11      -X23:10
- XC:7 – ESPB2        -X23:11
- XC:8 – ESPB21      -X23:12

En este caso si no se conecta la maquina CNC a la célula, no le afecta ya que son señales de salida de emergencia.

### **Señales de control**

Las señales de control se establecen según la demanda del programa de control para poder realizar un programa seguro. En el apartado siguiente de programación se explica el uso de cada señal.

Las señales de control son las siguientes:

### Entradas

- Maquina CNC con Robot: esta señal se utiliza para saber que la máquina CNC va a trabajar con el robot, ya que puede trabajar con la carga y descarga de piezas de forma manual.
- Lista carga: Con esta señal el robot sabe que la maquina esta lista para que le cargue una pieza.
- Lista descarga: Con esta señal el robot sabe que la maquina ha acabado y puede ir a descargar la pieza.

### Salidas

- Robot dentro de CNC: es una señal de seguridad para que la máquina no realice ninguna acción estando el robot dentro.
- Robot fuera de CNC: es una señal de seguridad para saber que el robot esta fuera de la máquina y no ocasionará ningún daño al robot.
- Robot pieza descargada: esta señal sirve para saber que el robot ha descargado la pieza y la maquina puede realizar la siguiente operación.
- Robot listo: esta señal determina que el robot está preparado para trabajar

Como se ha comentado en el capítulo 7 la máquina CNC es una maquina totalmente independiente, por lo que tiene su propia alimentación y su propio control. Para poder comunicar con esta máquina y no tener problemas de tensiones la comunicación se realiza mediante contactos libres de potencia. Para ello se equipa al armario concentrador de señales con relés de interface. Estas conexiones se pueden ver con más detalle en el documento planos.

Las conexiones del conector quedan de la siguiente manera:

- XC:11      K1      DI1      Con robot
- XC:12      K2      DI2      Lista carga
- XC:13      K3      DI3      Lista descarga
- XC:14      K4      DI4      Reserva1
- XC:15      K5      DI5      Reserva2
- XC:16      K10    DO1    Dentro CNC
- XC17      K11    DO2    Fuera CNC

- XC18            K12    DO3    Pieza descargada
- XC19            K13    DO4    Robot listo
- XC20            K14    DO5    Reserva

En los pines 9 y 10 de conector se conecta las alimentación de la maquina CNC, para no mezclar tensiones entre máquinas.

### 9.3.3 Programación

En el programa ejemplo de la maquina se tiene conectada la CNC, de todas maneras se programa que si la señal de CNC con robot DI1 no está activa, la pieza redonda pasa directamente a la estación de desbarbado. A continuación se define el programa teniendo activado la CNC con robot (DI1).

Al inicio del programa el robot ha reseteado las salidas, poniendo a 0 la señal robot dentro (DO1) y poniendo a 1 la señal robot fuera (DO2), a su vez al iniciar el ciclo el robot activa la señal de Robot preparado (DO4). De esta manera la maquina se preparar para recibir piezas.

El robot una vez cambia a la herramienta 3 dedos y coge la pieza redonda de la estación de control de calidad, se aproxima a la entrada de la maquina CNC. El robot espera en esta posición, previa a la entrada, que la máquina le diga que está preparada para recibir una nueva pieza, esta señal es la DI2 (lista carga). Una vez la máquina le habilita la entrada, el robot descarga la pieza y sale a la misma posición previa a la entrada. En el momento que el robot va a entrar, cambia el estado de las señales DO1 y DO2, avisando a la máquina que ya no está fuera sino que está dentro., y al salir realiza la misma operación. Es importante respetar estas señales ya que aseguran el correcto funcionamiento.

Una vez el robot ha salido de la máquina, activa la señal de pieza descargada (DO3), desde este momento la maquina CNC empieza a trabajar. El robot permanece a la espera de que la maquina active la señal DI3, pieza lista descarga, que confirma que la máquina ha finalizado y se puede recoger la pieza.

El robot cumpliendo el cambio de señales comentado anteriormente coge la pieza de la máquina. Una vez esta fuera la máquina CNC vuelve a estar lista para mecanizar otra pieza, el robot lleva esta pieza a la estación de desbarbado.

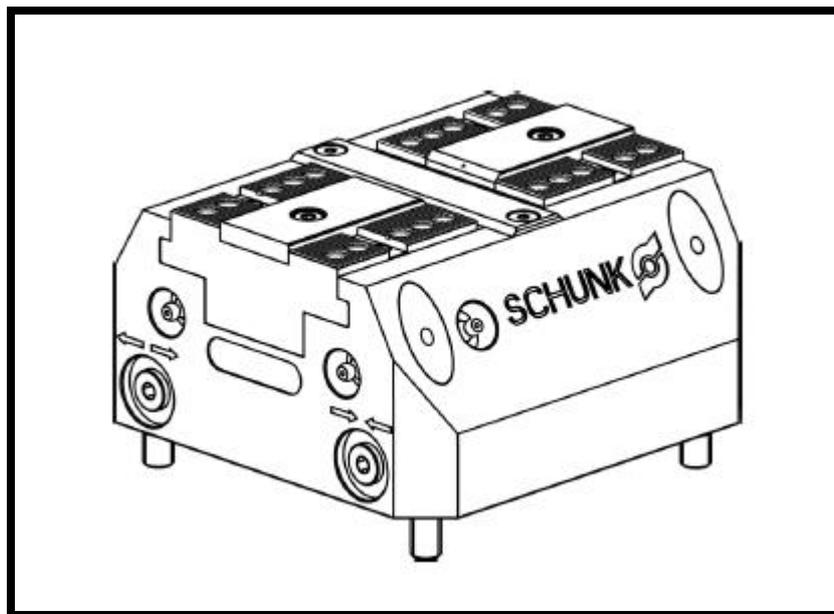
## 9.4 Estación de desbarbado

Esta estación es la encargada de quitar las imperfecciones, aristas o rebabas que contengan las piezas salidas de la máquina CNC.

En el capítulo 8 se ha descrito la herramienta de desbarbar, esta herramienta se equipa en la muñeca del robot y mediante energía neumática gira el desbarbador a altas revoluciones.

Por lo tanto como el desbarbador está en la muñeca del robot, lo que hay que hacer es fijar la pieza. Para ello se equipa a la estación con una brida de sujeción con una gran fuerza de apriete, esta brida es del fabricante Schunk la KSP plus 100.

Esta brida sujetará sin problemas las piezas redondas, ya que los dedos son en forma de “V”, por lo que asegura una superficie de contacto muy grande y si a esto se le suma el gran par de apriete que puede alcanzar de 9000 N, hacen de la KSP plus 100 una herramienta perfecta para esta función.

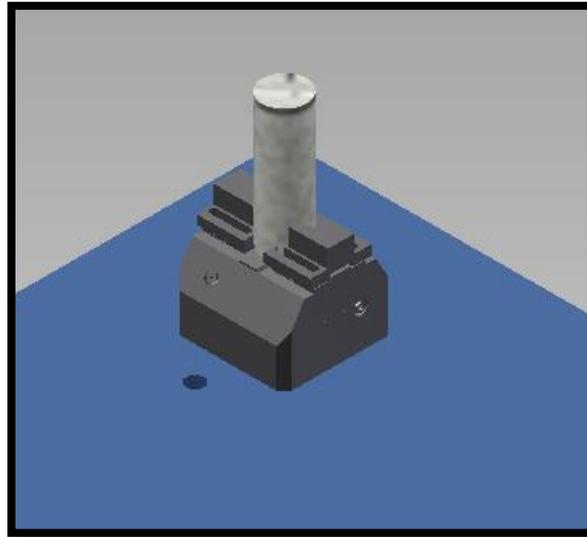


Fuente: Robot accesories Schunk.pdf

Figura. 9.12 KSP plus 100

Hay diferentes modelos, pero para agarrar la pieza de 40 mm de diámetro, la carrera y las posiciones de los dedos, la KSP plus 100 es el modelo que más se adecúa.

Los dedos tienen un pequeño coliso, para facilitar la posición de agarre. La referencia de los dedos es STR 100.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.13 KSP con dedos y pieza

#### 9.4.1 Ubicación y detalles mecánicos

La ubicación del desbarbador ya se conoce, ahora se define la posición de la KSP sobre la superficie de la bancada.

Se parte de la zona que se asignó para esta estación, teniendo en cuenta que se necesita una zona amplia de trabajo alrededor, se intenta situar en la zona más céntrica del área de trabajo de esta estación sin entorpecer con el resto de estaciones.

Se ubica a 100mm de cada lado de la bancada, es la zona central de esta estación, ya que si se desplaza más al centro de la bancada queda muy cerca de la estación de cambio de herramienta. Se puede observar su ubicación en la figura 9.14.

Para acollar la brida se recomienda colocar en su zona inferior una chapa de 10mm del tamaño de la brida para reforzar su sujeción y poder acollar con fuerza los tornillos.

Para mover la brida se necesita energía neumática, por lo que se monta una válvula neumática 5/2 de doble bobina para abrir y cerrar la brida. Esta válvula se ubica en la zona interior de la bancada, por lo que se tiene que llevar los 2 tubos de aire a la KSP. Para ello se realiza un agujero en la superficie de la bancada de 16mm de diámetro, suficiente para los 2 tubos de aire de 8mm. La ubicación del agujero se detalla en la figura 9.14. Para llegar hasta el agujero para la instalación se utiliza la bandeja *rejiband* instalada en el interior.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.14 Ubicación KSP

### 9.4.2 Eléctrico

Esta estación al ser controlada por aire y no tener ningún sensor, únicamente se ha de tener en cuenta la activación de la válvula que cierra y abre la brida.

Para activar la válvula hay que excitar 2 bobinas, por lo que se necesitan 2 salidas de la controladora:

- DO11 cerrar brida                      X22:11
- DO12 abrir brida                        X22:12

La manguera es de 4 hilos, 2 de ellos para las señales comentadas anteriormente y los otros 2 para un común 0V (X20:2) para cada bobina. La manguera sale del armario concentrador de señales hacia la válvula que está situada al lado de la unidad de mantenimiento. Para pasar el cable se utiliza la *rejiband* instalada en el interior de la bancada.

### 9.4.3 Programación

El robot viene desde la CNC con una pieza redonda cargada en la herramienta 3 dedos. Llega hasta la estación de desbarbado, donde ubica la pieza sobre la brida y activa la señal DO11 cerrar brida. Debido a que la brida no tiene sensores de posición, ya que esta no lo permite, hay que esperar un pequeño período de tiempo de aproximadamente 500ms para asegurar que la brida ha cogido la pieza.

En este punto se puede observar la labor del compensador, ya que el robot no va a situar en la misma posición siempre la pieza, por lo que se puede ver al cerrar la brida como el compensador corrige esta posición.

Una vez la brida ha cogida la pieza, el robot abre la pinza y ha de cambiar la herramienta y coger la herramienta desbarbador.

Con la herramienta desbarbador cargada el robot se ubica en una zona cercana a la pieza a desbarbar, en este momento activa la salida RO3 para que el motor neumático del desbarbador empiece a girar, también se activa la salida RO5 para desbloquear el flexo de la herramienta.

Para realizar el contorno de la pieza redonda se utiliza la función de movimiento ARC, que en el capítulo de 11 se explica en detalle.

Una vez se ha finalizado, el desbarbado vuelve a cambiar de herramienta, coge de nuevo la herramienta 3 dedos y vuelve a coger la pieza que está en la brida. La operación se ha de efectuar como se ha comentado anteriormente, una vez la pinza cierra se da la orden de abrir brida y se espera un pequeño período de tiempo para asegurar su apertura.

El robot sale de la estación de desbarbado y se sitúa en la zona de salida de piezas.

## 9.5 Zona de salida y de rechazo de piezas

En esta zona es donde finaliza el ciclo de la célula, si la pieza ha sido rechazada se llevará a la zona de rechazo, en cambio si se ha mecanizado irá a la zona de salida.

La zona de rechazo simplemente es una caja donde se ubicarán las piezas que se determinen malas, esta caja se puede acceder y vaciar mediante el acceso que tiene el operario que reponga la bandeja de alimentación. La caja ya está pensada para alojar todas las piezas malas de 1 ciclo.

La zona de salida no se ha acabado de determinar con exactitud, ya que de la siguiente máquina el cliente no tiene claras sus características. El cliente comenta que la siguiente máquina dará una señal a la célula conforme se puede depositar pieza en salida y la máquina necesita saber de la célula si ha dejado la pieza. Por lo tanto hay que tener en cuenta estas 2 señales.

### 9.5.1 Ubicación y detalles mecánicos

Estas estaciones están ubicadas en la parte central de la bancada, la de rechazo más centrada y la de salida en la zona exterior central.

#### **Rechazo**

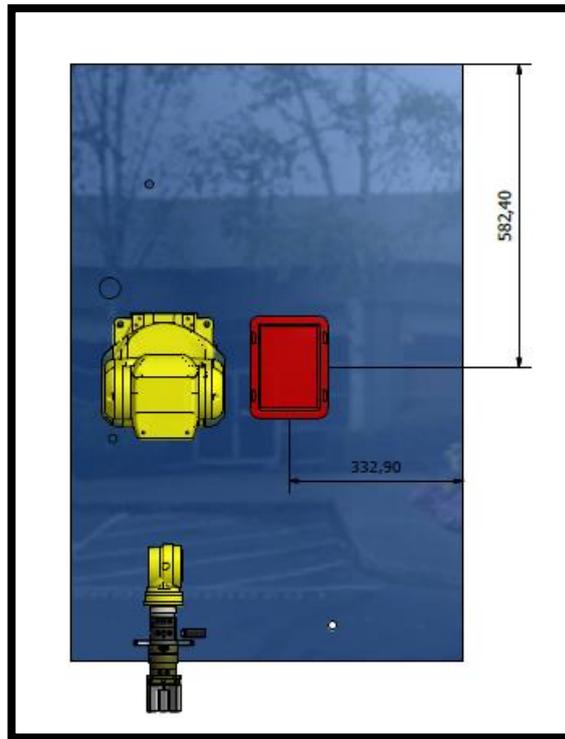
La estación de rechazo está compuesta por una caja de dimensiones 300mm x 300mm de base y una altura de 200mm. Situada en la zona central de la bancada. En la figura 9.15 se muestran las medidas de la ubicación de la caja de rechazo, la caja que aparece en la imagen no es la caja de las dimensiones citadas, pero da una idea de la ubicación.

La caja no se colla a la superficie, sino que se fabricara un alojamiento mediante unas guías, para que se aloje siempre en el mismo sitio y se pueda sacar con facilidad.

#### **Salida**

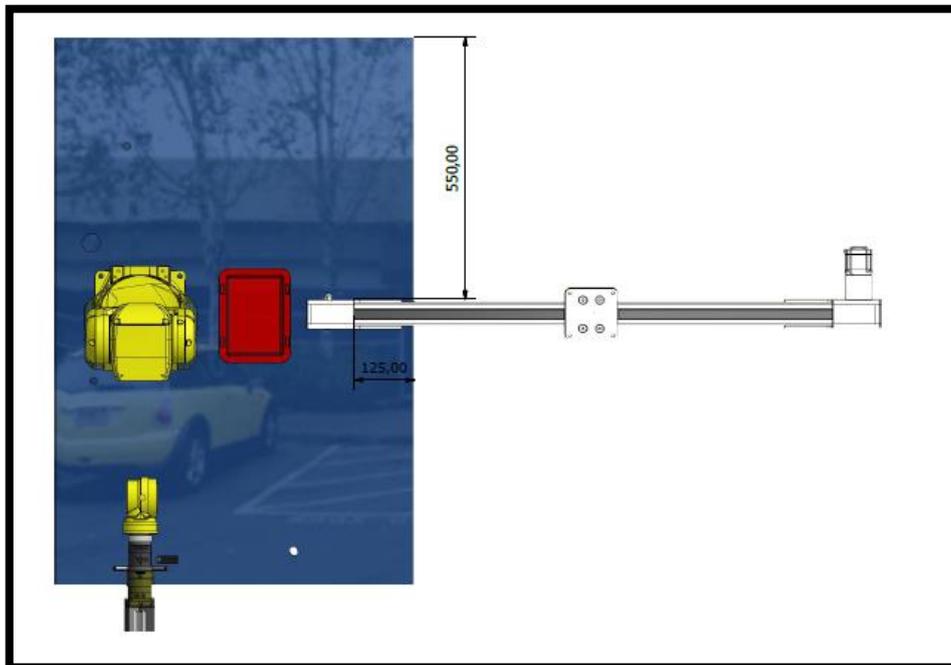
Para la salida se dispone de una zona donde se ubicará la cinta o elemento de la siguiente máquina. Teniendo en cuenta la idea que tiene el cliente, se coloca en la salida un carro lineal accionado por un motor mediante correa. Este elemento simula la posición que ocuparía la otra máquina y ayuda a comprender el comportamiento del programa.

La ubicación de dicho elemento está en la parte central de la bancada, en el costado opuesto al robot, se pueden observar sus dimensiones en la figura 9.16.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.15 Ubicación rechazo



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.16 Ubicación salida

## 9.5.2 Eléctrico

La zona de rechazo obviamente no tiene ningún tipo de conexión eléctrica, en cambio para la zona de salida hay que tener en cuenta las 2 señales comentadas anteriormente.

- Entrada – Salida disponible
- Salida – Pieza dejada en salida

Se sigue el criterio que se utiliza para la maquina CNC, se dispone de 2 relés para realizar el interface. De momento se dejan preparados los relés para cuando el cliente coloque la maquina, acabe de cablear el interface definitivo.

Las señales quedan de la siguiente manera:

- X21:15      K20    DI15    Salida disponible
- X22:15      K21    DO15    Pieza en salida

En planos eléctricos aparecen las conexiones con más detalle.

## 9.5.3 Programación

### Rechazo

Como se ha comentado anteriormente se puede trabajar con diferentes variantes con cada estación, pero en este primer programa de ejemplo se establece que si la pieza escogida es cuadrada se rechaza.

Por tanto una vez el control de calidad determina que la pieza es mala, sin cambiar de herramienta, el robot con la pinza dos dedos coge la pieza y la deja en la caja de rechazo. La pieza la deja un poco inclinada para que no se acumulen siempre en la misma zona de la caja.

Una vez se rechace la pieza el robot vuelve a la posición de reposo para iniciar un nuevo ciclo.

### Salida de piezas

Una vez se sale de la estación de desbarbado, el robot tiene cogida una pieza cilíndrica terminada. El robot se coloca en la zona de salida de pieza, espera a que la señal DI este activa, esta salida indica que se puede dejar pieza en la zona de salida. Una vez recibida

esta señal el robot deja la pieza y activa la señal DO15, como que hay una pieza en la salida. De esta manera la maquina siguiente sabe que tiene una pieza para trabajar.

Una vez se ha dejado la pieza, antes de volver a la posición de reposo e iniciar otro ciclo, se ha de cambiar la herramienta por la herramienta 2 dedos. Ya que como se ha comentado anteriormente es la herramienta para coger cualquier pieza en el alimentador.

## **9.6 Cambio de herramienta**

Es una de las estaciones más importantes de la célula, esta estación permite realizar cambios de herramienta con gran facilidad. Tiene espacio para almacenar 3 herramientas distintas.

La estructura de la estación es un producto que el propio fabricante tiene en su catálogo, por tanto es un material de compra que se puede adquirir al comprar el SWS.

### **9.6.1 Ubicación y detalles mecánicos**

La estación de cambio de herramienta la compone un rack modular de la empresa Schunk, llamado SWM. Está adaptado a la perfección para trabajar con cambios de herramienta del SWS.

A la hora de escoger el modelo hay que detallar el número de alojamientos de herramienta que se necesita, hay 3 o 4 alojamientos, y el tamaño del SWS.

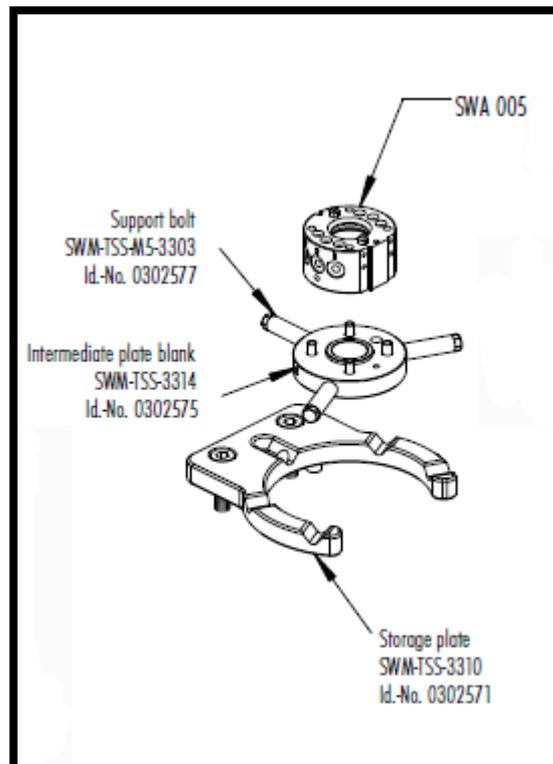
En este caso se escoge el modelo de 3 alojamientos y para cambiador SWS 005. (Figura 9.17)

Para poder realizar el cambio en el SWM hay que montar una placa en el SWA. El SWA es la parte del SWS que va en el lado herramienta. Esta placa tiene 3 varillas que hacen que la herramienta se sostenga en cada alojamiento. La referencia de esta placa es SWM-TSS-3314. En la figura 9.18 se puede observar cómo se monta esta placa en el SWA y como se apoya en el alojamiento.



Fuente: Robot accesories Schunk.pdf

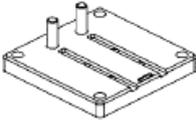
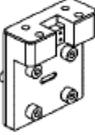
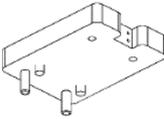
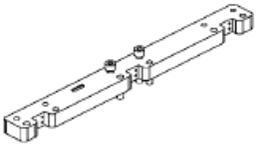
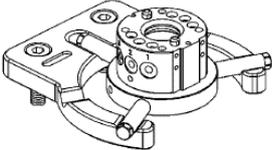
Figura. 9.17 SWM



Fuente: Robot accesories Schunk.pdf

Figura. 9.18 Montaje del TSS-3314

Para realizar el pedido del SWM hay que seleccionar una serie de piezas que componen la estructura del SWM. Para la estructura de la célula son los siguientes:

Descripción	Unidades	Referencia	Imagen
Base inferior	1	SWM-TSS-3311	
Perfil	1	SWM-TSS-1020-610	
Escuadra inferior	1	SWM-TSS-1030	
Bloque montaje	1	SWM-TSS-3306	
Extension	1	SWM-TSS-3361	
Base triple	1	SWM-TSS-3308	
Base alojamiento	3	SWM-TSS-3310	

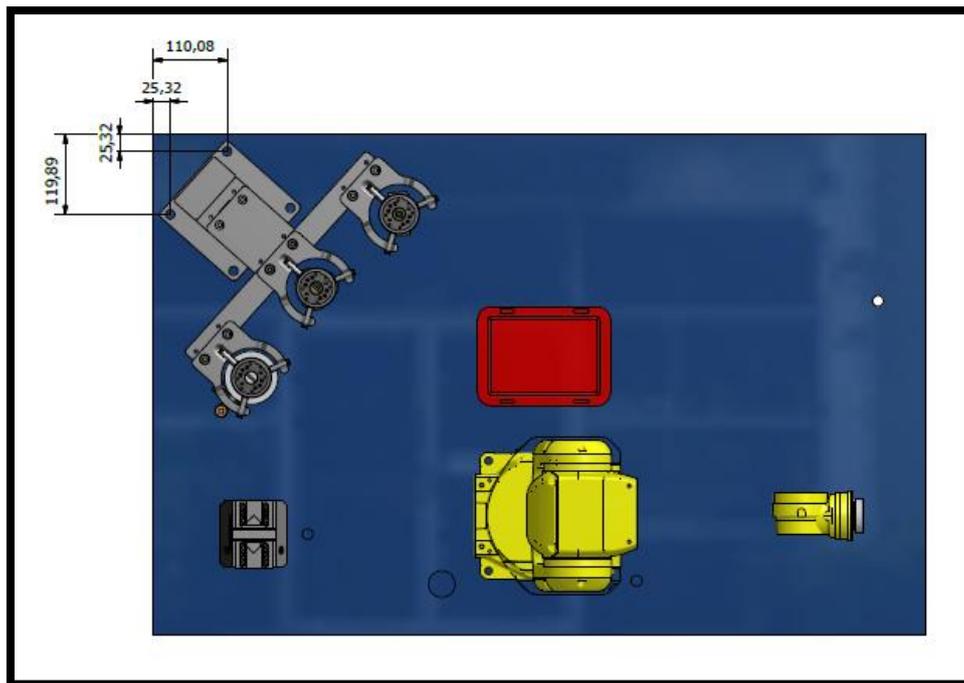
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.1. Piezas SWM

El montaje es muy sencillo, solo hay que seguir las instrucciones que acompañan al producto, todos los materiales auxiliares, tornillos, arandelas, tuercas, etc. los suministra el fabricante.

La ubicación de cambio de herramienta está definido por su zona asignada y que no interfiera con ninguna otra estación ni con la protección de alrededor de la célula.

Siguiendo estas condiciones se tiene la siguiente ubicación. (Figura 9.19)

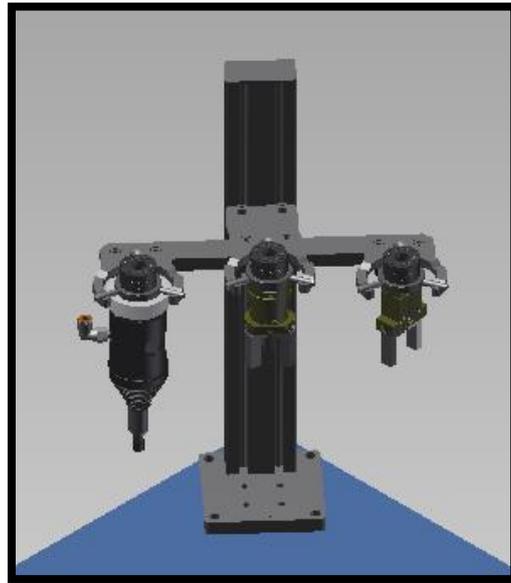


Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.19 Ubicación cambio herramienta

La altura de los alojamientos de herramienta se puede variar, ya que las tuercas pueden subir y bajar por el perfil, por lo que una vez montado se ha de ajustar para ver cuál es la altura óptima para realizar los cambios.

La posición de cada herramienta se puede observar en la figura 9.20, donde la herramienta central sería la pinza 3 dedos, a la derecha la pinza 2 dedos y a la izquierda el desbarbador.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.20 Distribución herramientas

### 9.6.2 Programación

Durante el detalle de cada estación se ha comentado los diferentes cambios que se han de realizar durante la ejecución del programa. Cuando se realizan los cambios se tiene que tener en cuenta distintos aspectos para realizarlos de forma segura.

- La dejada en el alojamiento tiene que ser un movimiento lineal y muy lento, de esta forma vitaremos vibraciones o colisiones con el alojamiento.
- Una vez se desbloquea o bloquea el cambiador, hay que esperar un pequeño tiempo y que la señal de cambio ok, RI6, esté desactivada o activada.
- Al realizar el cambio es importante que la herramienta que se pretende coger coincida el código de bits de las señales RI1 y RI2.
  - 2 dedos                      RI1=1 & RI2=1
  - 3 dedos                        RI1=1 & RI2=0
  - Desbarbador                RI1=0 & RI2=1

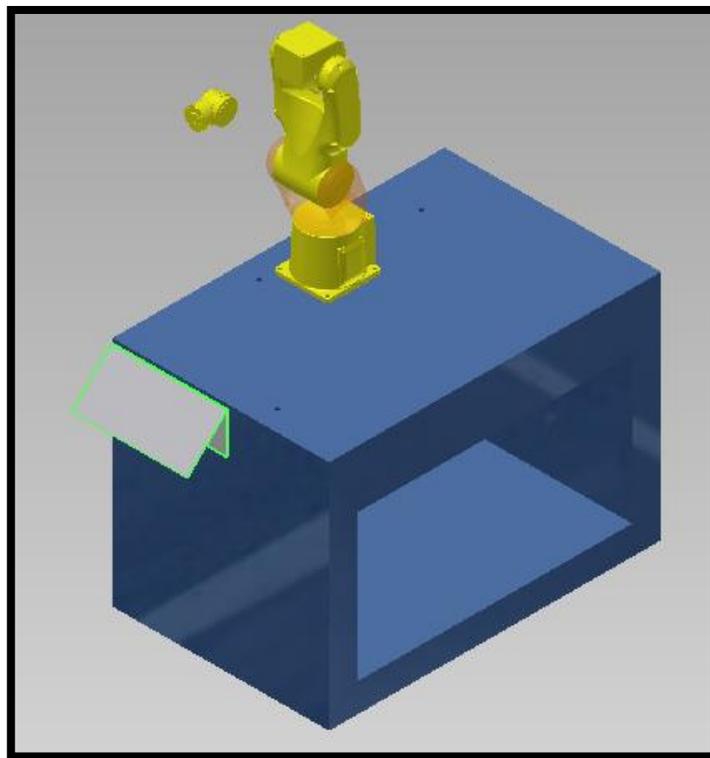
### 9.7 Panel de control

El panel de control realmente no es una estación, ya que no interactúa con el robot ni con las piezas, pero es importante para poder resetearlo y arrancarlo.

El panel de control está compuesto por la consola de programación y por una pequeña botonera para arrancar, resetear el robot y realizar una parada de emergencia.

### 9.7.1 Ubicación y detalles mecánicos

Para colocar los componentes en el panel de control se fabrica una escuadra a 45° con una superficie de 200mm de altura \* 400mm de anchura. Esta escuadra se ubica en la zona frontal de la célula, al lado del panel de control de la CNC. Además en ese lado de la bancada se ubica la puerta por donde el operario carga y descarga la bandeja, por lo que es la zona de trabajo del operario. (Figura 9.21)

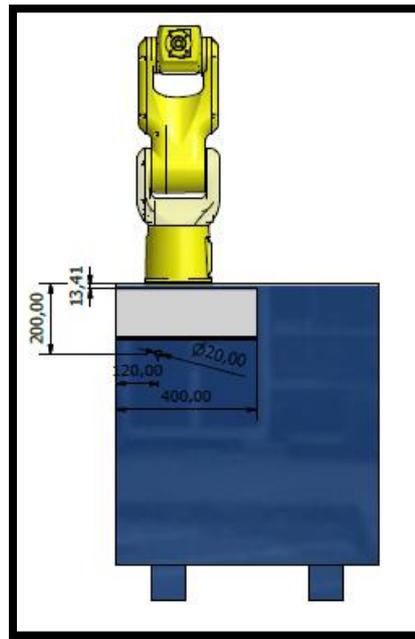


Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.21 Escuadra del panel de control

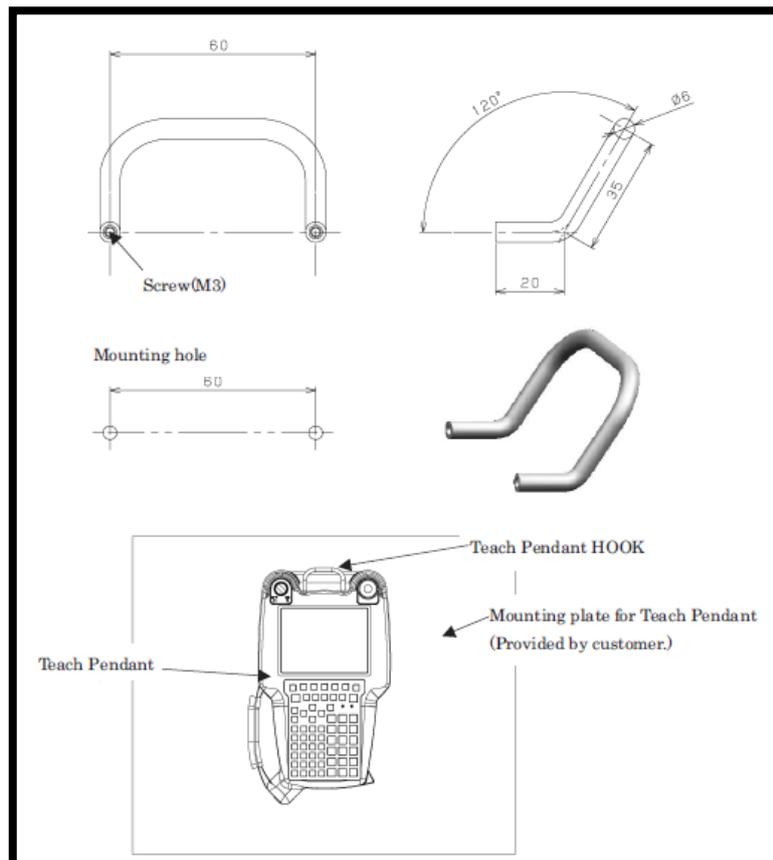
El panel de control se ubica en la zona más pegada a la CNC, justo delante de la estación de alimentación. Las medidas de la ubicación se pueden observar en la figura 9.22.

Para colocar la consola sobre el panel de control, es necesario fabricar una pieza, sobre esta pieza se apoya la consola con facilidad y aseguramos que no se pueda caer por las vibraciones. Las medidas de la pieza aparecen en la figura 9.23.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.22 Ubicación panel de control



Fuente: datasheet R30iA.pdf

Figura. 9.23 Pieza sujeción consola

La consola se ubica a la izquierda del panel y a la derecha la botonera: Es una botonera para 3 pulsadores:

- Pulsador verde para botonera de 22.5 mm con 1 contacto abierto
- Pulsador azul luminoso para botonera de 22.5 mm con 1 contacto abierto y un led de 24VDC azul
- Seta de emergencia

La botonera y los botones son de la marca Schneider, la referencia de la botonera es XALD03.



Fuente: [www.schneider-electric.es](http://www.schneider-electric.es)

Figura. 9.24 Botonera 3 Posiciones

Para acollar la pieza del teach-pendant es necesario realizar un agujero pasante de 3.5 para poder pasar el tornillo de M3 y acollar la pieza. Para la caja se realizan 4 agujeros roscados de M5, en la propia caja están marcados los agujeros a realizar.

### 9.7.2 Eléctrico

Para la consola ya viene preparada la manguera de conexión con conectores, únicamente hay que pasar el cable de la controladora hacia el panel de control. Para ellos se realiza un agujero justo debajo del panel de control, como se puede observar en la figura 9.22

La botonera tiene 2 pulsadores, un piloto led azul de 24VDC y una seta de emergencia. Por tanto se necesitan 2 entradas, 1 salidas de la controladora y 2 canales de entrada de emergencia.

Para estas señales excepto las de seguridad se utilizan un tipo de señal, llamados UI/UO que son señales de sistema vinculados a entradas salidas digitales (DI/DO). La función de la botonera es arrancar el programa y resetear en caso de fallo, si hay algún fallo desde la botonera se tiene que poder ver.

Por tanto se utilizan las entradas UI de sistema de Start y Reset y la salida de sistema UO de Fault. Estas señales ya están preparadas en el bornero del armario concentrador de señales, por tanto a parte de estas 3 señales hay que conectar 0V para el común de la bobina y 24V para el común de los pulsadores. Para la seta es necesario 4 cables para hacer la serie de los 2 canales de seguridad; la conexión de seguridad se detalla en el siguiente capítulo. Se necesita una manguera de 9 hilos \* 0,5 mm de sección. Esta manguera se pasa por el mismo agujero que la manguera de la consola, en la figura 9.22 se especifica su ubicación. Las conexiones de estas señales son las siguientes.

- Contacto NA verde (Start) P2
  - Borne 3 pulsador X20:1 +24R común
  - Borne 4 pulsador X21:23 Start
- Contacto NA azul (Reset) P1
  - Borne 3 pulsador X20:1 +24R común
  - Borne 4 pulsador X21:22 Reset
- Led azul (reset) PH1
  - Borne A1 Led X22:22 Fault
  - Borne A2 Led X20:2 0V

Estas conexiones aparecen en detalle en el documento planos- planos eléctricos.

### 9.7.3 Programación

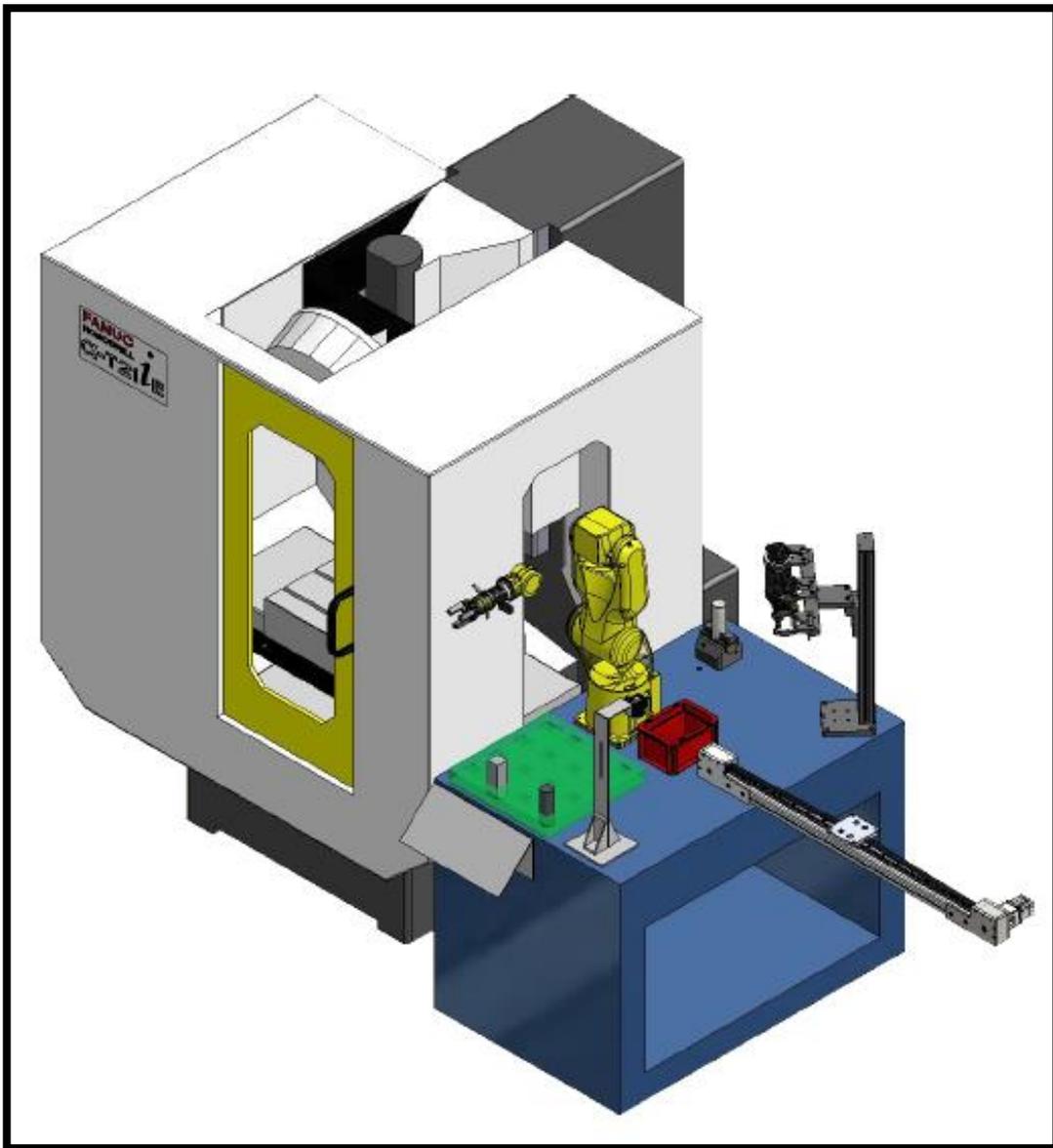
Si el robot está en estado de alarma el pulsador azul se encenderá, pulsando el botón azul se podrá resetear el robot siempre que el problema haya sido solventado.

Para arrancar el programa es necesario pulsar el botón verde, ya que una vez se lanza el programa desde la consola, el robot inicia un movimiento a la posición de reposo/inicio, pero hasta que no se pulsa dicho botón no se inicia el ciclo automático. Es una condición externa para asegurar que se puede arrancar sin ningún peligro.

Si durante el ciclo el robot se para, para restear el robot también es necesario pulsar el botón de reset para arrancar de nuevo el programa en la línea que se había parado.

## 9.8 Ubicación final

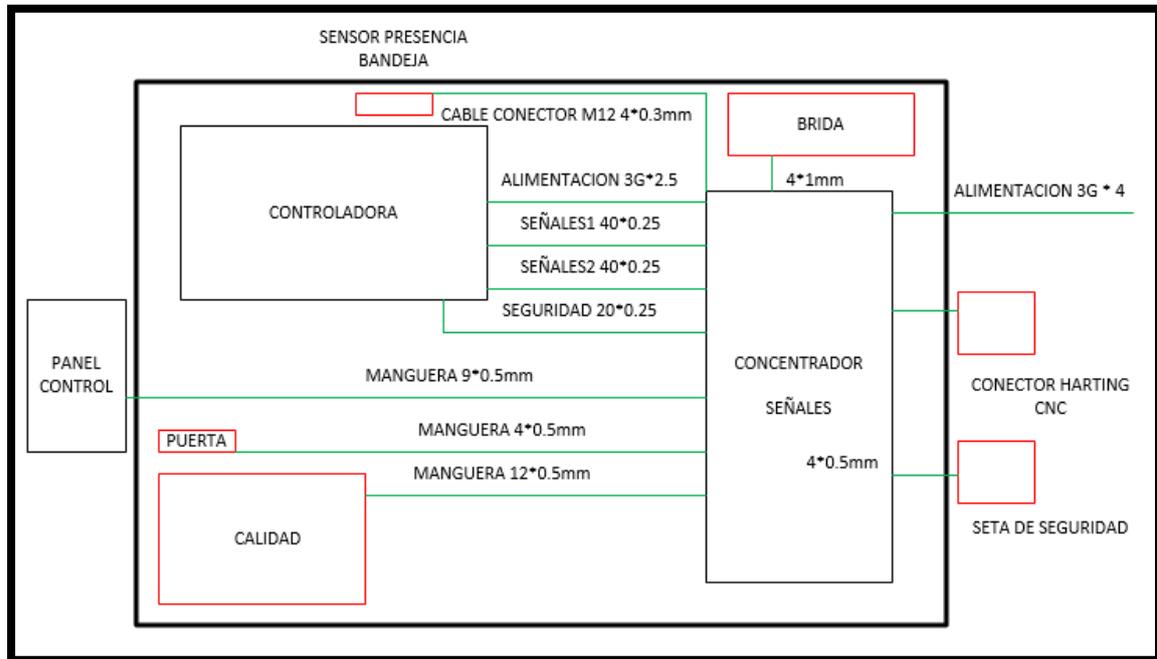
Después de estudiar cada estación, se sabe cómo interactúa cada una de ellas con la controladora, la ubicación que tienen sobre la bancada y como se ha de desarrollar el programa del robot en cada una de ellas. A continuación se muestra la ubicación final de la célula. Este *layout* también se encuentra en el documento planos.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.25 Ubicación final componentes

Se ha comentado como se conecta cada estación con el armario concentrador de señales. A continuación se muestra el *layout* de las conexiones, aparecen todas las mangueras de la instalación de la célula:



Fuente: Elaboración propia

Figura. 9.26 *Layout* instalación eléctrica

Hay algunas conexiones de las que aún no se ha hablado, como son las de seguridad y emergencia, en el siguiente capítulo se detallan estas conexiones.

## 10. Seguridades y emergencias

A la hora de analizar las seguridades necesarias para la máquina, se han de tener presentes todos y cada uno de los peligros que pueden ser causados por la máquina.

Numero	Tipo	Peligro	Identificación
1	Mecánico	colisión	El robot puede golpear al operario al estar dentro de su zona de alcance.
2	Mecánico	Atrapamiento	La brida y las pinzas pueden atrapar la mano en el momento del cierre.
3	Mecánico	Abrasión	El desbarbador en marcha si toca alguna persona.
4	Eléctrico	Contactos con partes activas	Peligro de contacto con partes activas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.1. Identificación de peligros

Una vez se han detectado los posibles peligros, se detallan las medidas para evitar que se produzcan.

Para los peligros 1, 2 y 3 se monta alrededor de la célula un vallado de protección. Este vallado evitará que cualquier persona tenga acceso al área de trabajo de los elementos que causan peligro. A continuación se detalla el vallado de protección.

Para el peligro número 4, los elementos que tienen partes activas eléctricas están protegidas, como marca la norma UNE-EN 60204, con grado de protección IP40 o superior y solo se pueden acceder a ellos mediante el uso de una llave especial o herramienta.[4]

### 10.1 Vallado de seguridad

El vallado se monta alrededor de toda la célula, excepto el lado de la bancada que está pegada al CNC, que será extraíble mediante herramienta en el caso que no se trabaje con la CNC.

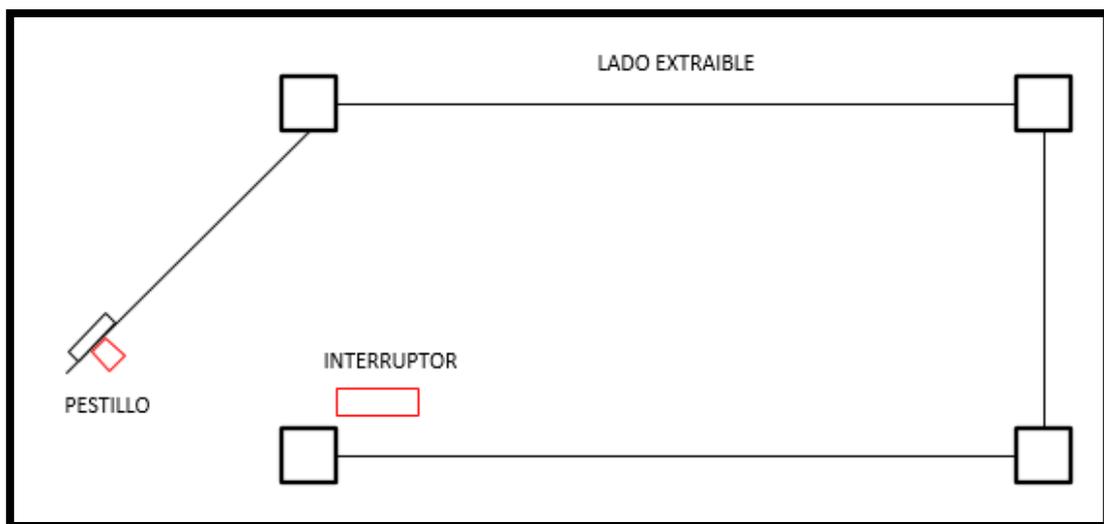
El vallado se monta con 4 perfiles de aluminio en cada esquina de 40mm \* 40 mm y una altura de 1m. Los paneles de cada lado serán de policarbonato de un grosor de 4mm, y entran por la parte de arriba mediante unas guías en los perfiles. Una vez están colocados se fijan al perfil con 2 escuadras a cada lado. Como se ha comentado anteriormente el panel del lado de la CNC se puede extraer si la máquina no está con la célula.

Debido a que durante el trabajo de la célula el operario ha de suministrar piezas en la bandeja, ha de vaciar la caja de rechazo y puede actuar por si hay algún problema; se tiene que tener acceso desde algún lado del vallado.

En el lado donde está ubicado el panel de control y el alimentador, no se monta el panel mediante la guía del perfil y las escuadras, sino que se monta con unas bisagras colladas en el perfil. Este panel será la puerta de entrada a la célula.

Al equipar al vallado con una puerta de acceso, los peligros mecánicos comentados anteriormente vuelven a estar activos. Para solucionar este problema a la puerta se le equipa con un interruptor de seguridad con pestillo de doble canal.

El interruptor se monta en el lado opuesto de las bisagras y en la zona interior, al lado de la estación de control de calidad y el pestillo en el panel de policarbonato. En la siguiente figura se puede observar el *layout* del vallado. (Figura 10.1)



Fuente: Elaboración propia

Figura. 10.1 *Layout* vallado

Este pestillo de seguridad es de la marca Schneider con referencia XCSPA, tiene 2 contactos NO y 1 contacto NC. Los contactos abiertos se utilizan para cerrar el canal de seguridad de vallado del robot, y el otro canal para la maquina saber si está abierta o cerrada la puerta. En este caso solo se utiliza los contactos de seguridad.

La conexión se realiza mediante una manguera de 4 hilos de 0.5mm de sección, para la instalación se utiliza el mismo agujero que se utiliza para pasar el cable a la estación de

control de calidad, se puede ver su ubicación en la figura 9.6. Mediante la *rejiband* se pasa el cable desde el armario concentrador de señales hasta el interruptor de seguridad.

Las conexiones son las siguientes:

- Entrada canal 1 seguridad- Borne 1            X23:5 EAS1
- Salida canal 1 seguridad- Borne 2            X23:6 EAS11
- Entrada canal 2 seguridad- Borne 11        X23:7 EAS2
- Salida canal 2 seguridad- Borne 12        X23:8 EAS21

En el documento planos se detalla la conexión.

Al abrir la puerta trabajando con el robot en automático, el robot y el programa se paran. Aparece en la pantalla un mensaje de error de que el vallado ha sido abierto. Para poder volver a arrancar el robot en automático hay cerrar la puerta, resetear el error y volver a arrancar el programa. En el caso de que se quiera mover el robot con la puerta abierta, solo se puede realizar mediante la consola y con una velocidad de movimiento muy reducida que automáticamente aplica el robot. El mover el robot con la consola, implica cambiar el estado operativo a manual, en el siguiente capítulo se detalla este modo de trabajo.

Al abrir la puerta y detenerse el programa y el robot, los peligros no podrían efectuarse ya que no se puede mover el robot ni activar ninguna salida.

## 10.2 Emergencias

Según el real decreto 1215/1997 anexo 1 [4]:

- Los dispositivos de parada de emergencia deben ser instalados en todas aquellas máquinas en las cuales existan peligros de tipo mecánico durante las condiciones normales de trabajo.
- Puede ser necesaria la instalación de más de un dispositivo de parada de emergencia; como por ejemplo, en máquinas con más de un puesto de control o que presenten puntos de peligro fuera del puesto de control.
- La función esencial del dispositivo de parada de emergencia será la de interrumpir el suministro de las fuentes de alimentación de energía y parar la máquina lo más rápido posible.

- Las setas de emergencia serán de cabeza de seta, de color rojo y con círculo amarillo en la superficie inferior.
- La orden de parada del equipo de trabajo debe tener prioridad sobre las órdenes de puesta en marcha.
- Los contactos son normalmente cerrados, ya que el cable al cortarlo se desencadene la parada de emergencia.

Para cumplir con esta normativa se equipa a la célula con 2 setas de emergencia, una en el panel de control y otra en el otro lado de la bancada. Como es una máquina de muestra, en la que se puede observar su trabajo desde distintos puntos, se coloca una seta extra para tener un acceso rápido en el otro extremo.

Estas setas de seguridad serán de Schneider con referencia XAPJ1201, la del panel de control se monta en la propia botonera y la otra en una botonera especial para setas de seguridad.



Fuente: Schneider-electric.es

Figura. 10.2 Seta de seguridad

Las dos setas se montarán con el distintivo amarillo como se ve en la figura 10.2.

Las setas tienen 2 contactos normalmente cerrados y están enseriadas entre sí, junto con la máquina CNC como se vio en el capítulo 9. Las conexiones con el armario concentrador son las siguientes:

La seta de emergencia S30 es la ubicada en el panel de control y la seta S31 es la ubicada en el lado opuesto.

S30

- Borne 13                    X23:1/EES1
- Borne 14                    Borne 13 S31
- Borne 23                    X23:2/EES2
- Borne 24                    Borne 23 S31

S31

- Borne 13                    Borne 14 S30
- Borne 14                    XC:1/CNC
- Borne 23                    Borne 24 S30
- Borne 24                    XC:2/CNC

En el momento que se abren cualquiera de estos contactos, inmediatamente el robot se para y deja sin tensión los motores. Para rearmar el robot, hay que rearmar las setas, esto se realiza girando el pulsador, resetear el robot y volver a arrancar el programa.

El tipo de parada del robot es muy brusco, por lo que no se debe utilizar esta parada para realizar una parada normal, ya que el robot sufre mucho al parar de esta forma tan radical.

En la consola aparece el motivo de la parada del robot, ya que a parte de las paradas de seguridad comentadas anteriormente, la propia consola y la controladora tienen su propia seta de seguridad. En la consola las setas instaladas externamente aparecen como “*external emergency*”, en cambio la de la consola y la de la controladora el mensaje pone explícitamente el nombre de estas.



## 11. Programación

En este capítulo se detallan aspectos de la programación de los robots Fanuc, vinculados a la programación de la célula.

En el detalle de cada estación se detalla la secuencia que ha de realizar el robot cuando interactúa con cada una de ellas, por lo tanto se tiene clara la secuencia que tiene que seguir el robot. En el anexo I se puede revisar el ordinograma de control, este ordinograma es la unión de todas las secuencias de cada estación.

Mediante la herramienta de simulación ROBOGUIDE de Fanuc, se ha podido realizar el programa, simulando movimientos y señales. Posteriormente se comenta el uso de esta herramienta.

### 11.1 Consola Teach Pendant

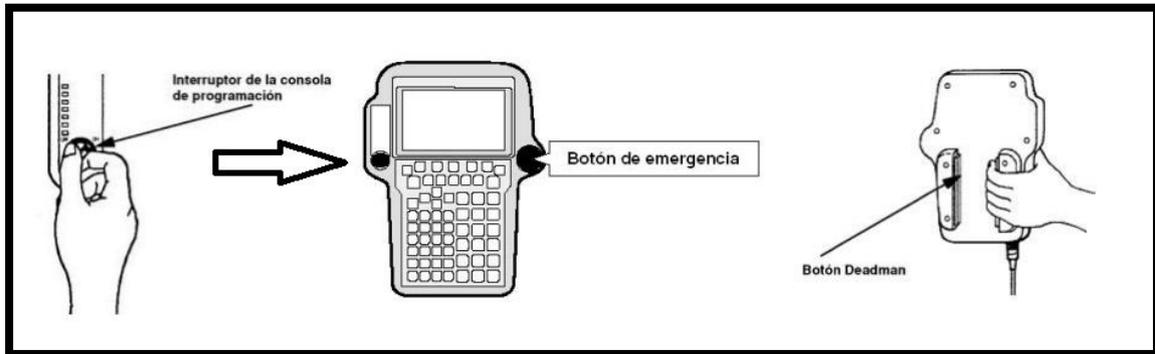
El Teach Pendant es la consola de programación de los robots Fanuc. Desde el Teach Pendant el robot se maniobra, se programa, se arranca, se conoce su estado., etc. Es imprescindible para trabajar. [6]

El Teach Pendant está compuesto por 4 elementos (Figura 11.1):

- El selector ON/OFF
  - ON: Permite mover el robot de manera manual ya que habilita la consola  
Permite ejecutar un programa de manera manual  
Permite hacer modificaciones de los programas y modificar configuraciones
  - OFF: Condición necesaria para el lanzamiento en automático de cualquier programa
- La seta de emergencia
  - Paro de emergencia de la consola de programación, actúa como cualquier otro paro de emergencia, con la diferencia que desde la consola se identifica como paro desde el Teach Pendant.
- El display y las teclas
  - Es desde donde se interactúa con el robot, el display es táctil

- El interruptor de Hombre-muerto

Se utiliza como dispositivo de activación. Cuando se activa la consola de programación, este interruptor permite solo el movimiento del robot mientras se sujeta el interruptor. Si se libera, el robot se para por emergencia.



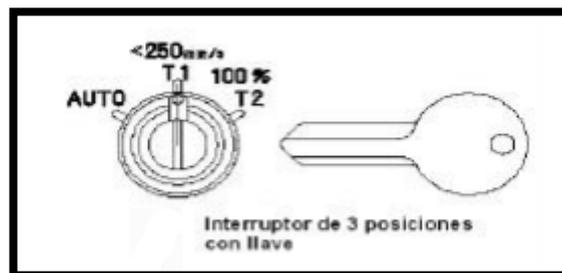
Fuente: Curso de programación TPE

Figura. 11.1 Teach Pendant

## 11.2 Modos de funcionamiento

Existen 3 modos de funcionamiento para los robots Fanuc, estos se seleccionan mediante un selector de 3 posiciones con llave. [6]

Cuando se cambia el modo, el sistema del robot se para con fallo.



Fuente: Curso de programación TPE

Figura. 11.2 Selector de modo

### AUTO – Modo automático

El panel operador se activa. Se activa el vallado de seguridad. El robot puede operarse a la velocidad máxima permitida. Se puede arrancar el programa vía Cycle Start, pulsador de la programadora o vinculable a un botón, como en este caso.

### **T1 – Modo de prueba 1**

El programa puede activarse solo desde la consola de programación. El robot no puede operarse a velocidad mayor de 250mm/s. Se desactiva el vallado de seguridad.

### **T2 – Modo de prueba 2**

El programa puede activarse solo desde la consola de programación. El robot puede operarse a velocidad máxima específica. Se desactiva el vallado de seguridad.

La adquisición de los puntos de trabajo y la prueba de funcionamiento del programa se realiza en el modo de funcionamiento T1. Ya que la velocidad del robot será siempre reducida y se tiene control de paro inmediato desde la consola. Una vez se ha probado el programa y funciona correctamente, se cambia al modo de funcionamiento T2. Se sube gradualmente la velocidad del robot, atendiendo siempre a los movimientos ajustados a otros objetos, ya que el robot al aumentar la velocidad el paso por los puntos varía. Una vez se confirma que el programa funciona sin problemas a máxima velocidad, se pasa a modo auto. Al estar en modo auto hay que desactivar la consola para poder realizar la marcha desde el pulsador del panel de control.

Es importante respetar esta secuencia de marcha, para evitar posibles problemas.

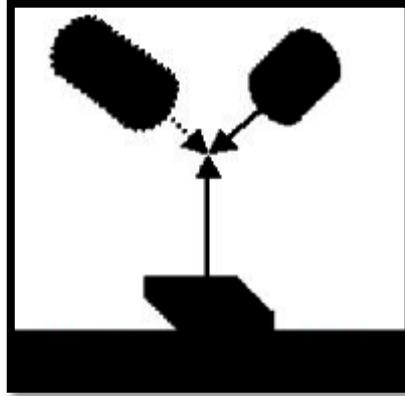
## **11.3 Configuración de la herramienta**

Cuando se graba un punto, el robot registra unas coordenadas y una orientación, del centro de la herramienta (TCP) respecto al sistema de coordenadas cartesianas de la base del robot.

Este TCP por defecto se encuentra en la placa del eje 6 del robot. Cuando se equipa a la muñeca del robot con herramientas, este punto central varía físicamente, ya que el centro de la herramienta no se encuentra en el centro de la placa. Para optimizar los movimientos del robot es necesario modificar el TCP de cada herramienta.

Hay 2 métodos para realizar el nuevo TCP, y es en función del tipo de herramienta. Si la herramienta el eje z está en paralelo al eje z de la muñeca del robot o si por la contra el eje z tiene una orientación distinta. En este caso al tener la misma orientación el eje z en todas las herramientas se realiza el nuevo TCP por el método de los 3 puntos. [6]

El objeto de este método es el de desplazar el TCP al extremo de la herramienta. Para ello se tiene que marcar un mismo punto con 3 orientaciones diferentes, como se observa en la figura 11.3.



Fuente: Curso de programación TPE

Figura. 11.3 TCP 3 puntos

El sentido de la coordenada Z del TCP creado por el método puntos es el mismo que la del TCP original del robot.

Para acabar de configurar cada herramienta es necesario modificar el *Payload* de cada una. El *Payload* establece la carga total de la herramienta.

Al realizar el ajuste de información sobre la carga, en el robot causan los siguientes efectos:

- Aumento del rendimiento del movimiento, vibración más baja y tiempo de ciclos más cortos.
- Reacción más efectiva de las funciones relacionadas con la dinámica, como aumento en el rendimiento relacionado con la detección de choque y la compensación de gravedad.

En el capítulo 8 se detalla el peso de cada herramienta con la pieza.

Al tener configurada cada herramienta, se ha de programar en cada rutina de cambio de herramienta, que una vez se suelta la herramienta se carga la configuración por defecto, en cambio al coger cualquiera de ellas hay que cargar la configuración correspondiente.

## 11.4 Trayectorias

Cuando se registra un punto en el programa, se crea una instrucción de trayectoria. Al ejecutar esta instrucción, el robot se mueve desde la posición que tiene en ese momento hasta la posición definida en la instrucción, siguiendo las características de la trayectoria.

Las instrucciones de trayectoria por tanto están formadas por diferentes características:

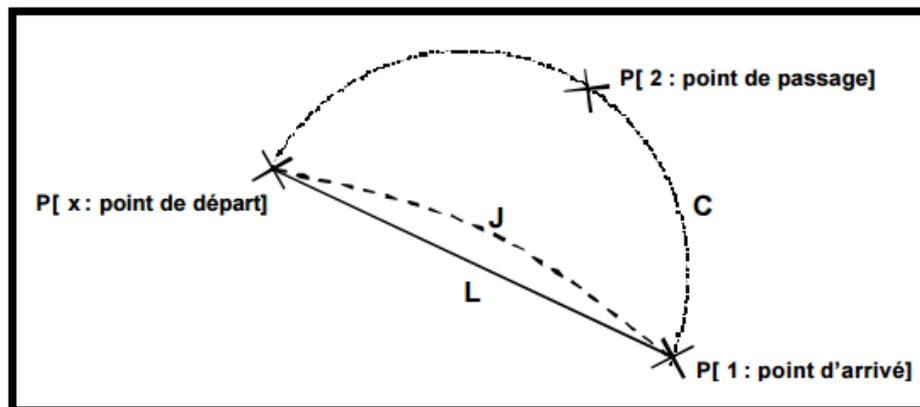
### Tipos de movimiento:

J (Joint) Movimiento angular: Mueve el robot de un punto a otro de la forma más eficiente. Por tanto no sigue una trayectoria específica.

L (Lineal) Movimiento lineal: Mueve el robot de un punto a otro siguiendo una trayectoria totalmente recta.

C (Circular) Movimiento circular: Mueve el robot siguiendo una trayectoria circular.

A (Arco) Movimiento arco circular: Mueve el robot siguiendo sectores circulares teniendo en cuenta el punto de origen y 2 puntos más. A diferencia del C el de arco necesita más puntos y respeta en todo momento el radio para realizar el círculo.



Fuente: Curso de programación TPE

Figura. 11.4 Tipos de movimiento

En la programación de la célula se utilizan los movimientos J para el cambio de zona de trabajo, los movimientos L para la precisión de la dejada en cada estación y el movimiento A para desbarbar las piezas redondas en la estación de desbarbado.

## **Tipos de punto**

Existen 2 tipos de punto:

P [n] – Posiciones: Son posiciones que pertenecen a un programa, estas posiciones no se pueden llamar desde otro programa ni se puede operar con ellas.

PR[n] – Registros de posición: Son posiciones que se guardan en la memoria global del robot, estas posiciones tiene los mismos valores que las posiciones “P” pero se pueden llamar desde cualquier programa y se puede operar con ellos. Estas posiciones están limitadas en número.

Al no ser un programa muy grande, todos los puntos que se utilizan en la realización del programa de la célula son del tipo “PR”.

Al ser puntos PR se pueden llamar en distintos programas, gracias a esto se puede estructurar el programa en diferentes subprogramas para entenderlo más fácilmente.

También permite que se pueda operar con los puntos, por ejemplo:

-Si se quiere dejar una pieza en una posición, se guarda el punto previo a la dejada, a una distancia de 10 mm de la superficie. A este punto se le llama PR [5]. Para dejar la pieza en la superficie, el siguiente punto ha de estar 10mm más abajo en el eje z. Por tanto a la coordenada z del punto PR [5] hay que sumarle 10.

Esto se realiza gracias a que se puede llamar a cada coordenada del punto PR.

PR [i,j] / siendo “i” el número de posición y “j” el número de coordenada:

- Eje x            j=1
- Eje y            j=2
- Eje z            j=3

Para este ejemplo se realiza de la siguiente manera:

$$PR[5,3] = PR[5,3] + 10 \quad \text{se le suma 10 a la coordenada z de PR[5]}$$

Al poder realizar esta operación hay muy pocos puntos en el programa, ya que se coge en cada estación un punto de referencia y a partir de este se va operando para moverse por la estación.

Para el alimentador, el desbarbado y para casi todas las dejadas de piezas o herramientas se ha utilizado esta técnica.

### Velocidad

La velocidad se puede expresar de varias formas según el tipo de desplazamiento escogido:

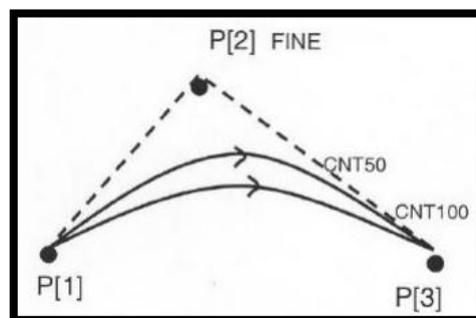
- Joint: en %
- L,C o A en mm/s

### Precisión

Define la precisión del robot al pasar por este punto. Esta característica solo es válida si es un punto de paso, si es un punto final no se aplica ningún tipo de distancia.

Fine: Va al punto con una precisión máxima

CNT "x": No para sobre el punto programado y pasa a una distancia "x" del punto. Valor "x" en mm.



Fuente: Curso de programación TPE

Figura. 11.5 Precisión

En los puntos de cogida o dejada de pieza se realiza mediante la precisión FINE, en cambio los movimientos de cambio de estación se da un valor de CNT para realizar un traslado más rápido y óptimo.

## 11.5 Posición Home

Es importante en el programa definir una ubicación de Home, en este caso se define la posición en la cual el robot está preparado en la estación de alimentación.

Al arrancar el programa el robot va a la posición de Home, hasta que el robot no está en esta posición el programa no puede avanzar. Esta posición ha de ser de fácil acceso desde cualquier zona de la célula. Para llegar a esta posición se ha de realizar mediante la trayectoria J, así se asegura que podrá realizar el movimiento desde cualquier punto en el que se encuentre.

Para ello hay que configurar una posición de referencia en la configuración del robot.

Una posición de referencia es una posición en la cual se puede especificar el margen de tolerancia en grados de cada eje. Esto delimita una zona en el espacio, y cuando el robot entra en esa zona, una salida DO se activa. En este caso para la realización del programa al entrar el robot en la zona configurada como Home, se activa la salida DO (20). [6]

En el programa solo se utiliza como condición de arranque, pero en otros casos se suele utilizar como salida para habilitar la apertura de puertas.

## **11.6 Simulador Roboguide**

Mediante la herramienta de simulación ROBOGUIDE de Fanuc, se ha podido realizar el programa, simulando movimientos y señales. Es una herramienta muy útil para diseñar y testar el programa, ya que todos los archivos se pueden exportar y utilizar en la controladora real.

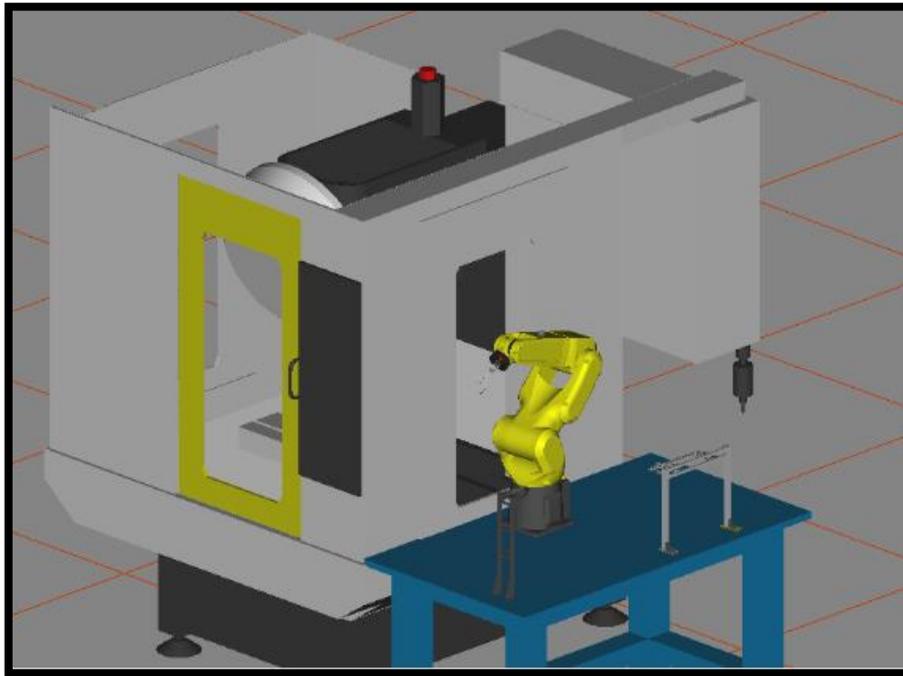
Se puede programar cualquier robot de la marca Fanuc, y elegir entre los diferentes tipos de controladora y sus consolas.

El único inconveniente es que no es posible mover la herramienta, pero se ha solventado simulando las señales manualmente.

El software permite introducir elementos 3D para mejorar la simulación y tener los obstáculos como la realidad. En la figura 11.6 se puede ver el 3D que se utiliza para la simulación.

Para coger los puntos se utiliza la aplicación real, ya que el robot en el momento de realizar el programa ya está montado en la bancada y con suministro eléctrico. De esta manera aseguramos los puntos de cogida. En el simulador se simulan las señales de las

estaciones. En el cd adjunto a este documento se puede observar un video con el robot real recorriendo los puntos.



Fuente: Elaboración propia

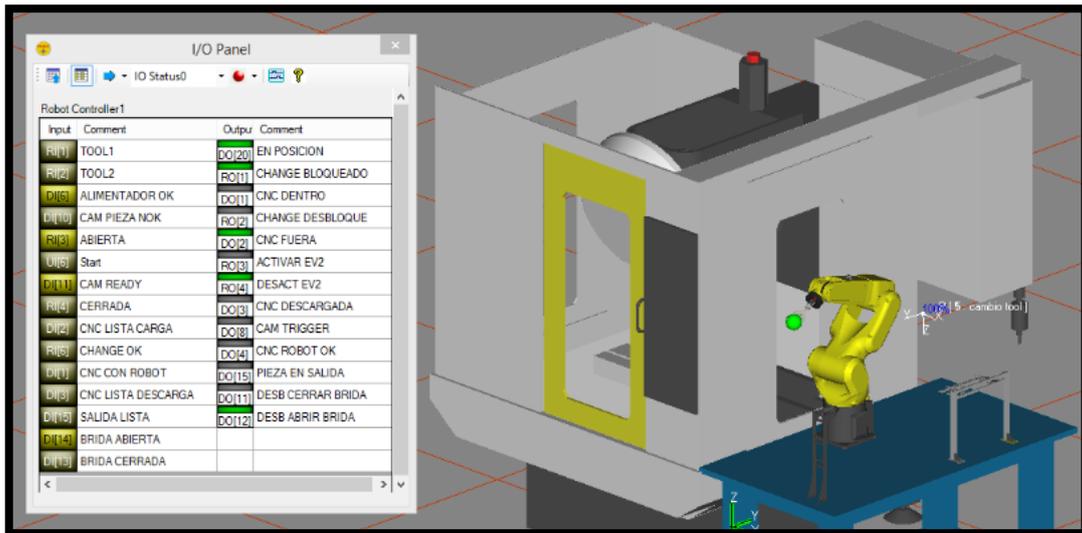
Figura. 11.6 Elementos de la simulación

Se realiza un backup de la controladora y se carga en el simulador, de esta manera ya se tienen en el simulador los puntos reales del robot. Se configuran en el simulador las entradas/salidas que necesita el programa. (Figura 11.7)

Ya está listo el simulador para realizar el programa, para ello se habilita la visualización de la consola. El programa se realiza igual que en la realidad mediante la consola. (Figura 11.8)

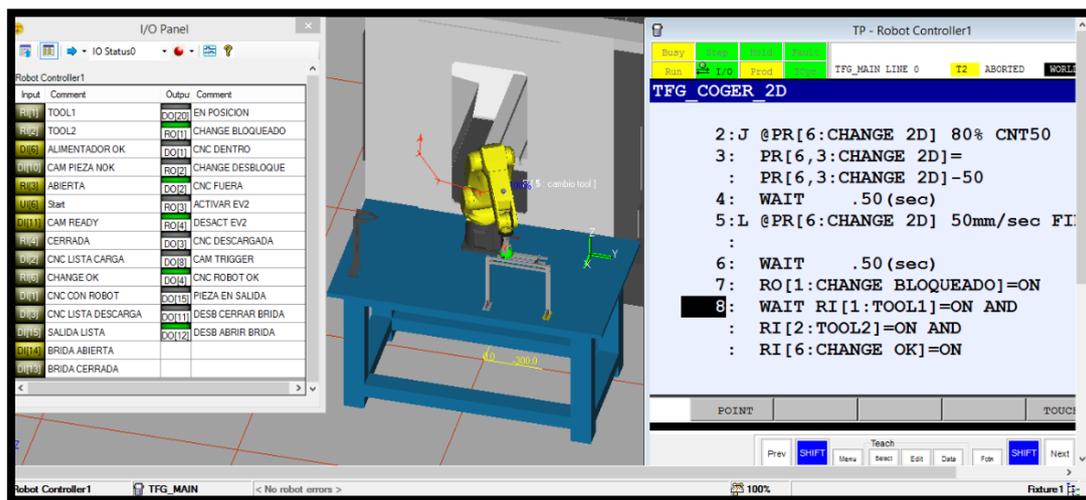
El programa se prueba simulando las señales mediante los pulsadores del panel de entradas/salidas que aparece en la figura 11.7.

En el anexo II está el programa definitivo del robot, este programa se puede cargar en la programadora y haciendo un pequeño test de verificación de trayectorias se tiene el robot listo para trabajar.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 11.7 Entradas/salidas simulador



Fuente: Elaboración propia

Figura. 11.8 Simulación del programa

En el CD adjunto a este documento se puede visualizar el video de la simulación del programa. En este video el robot inicia el programa con la pinza 3 dedos cargada, por lo tanto lo primero que hace es cambiar de herramienta a la de 2 dedos. Una vez tiene la herramienta cogida se dispone a coger la primera pieza. La pieza la lleva a la verificación de la cámara, al tratarse de una pieza buena tiene que volver a cambiar de herramienta y coger la de 3 dedos. El robot coge la pieza buena y se la lleva a la máquina CNC, donde después de comprobar que todo está correcto carga la pieza en la máquina. El robot fuera espera que la CNC le de autorización para descargar la pieza mecanizada. Cuando recibe

dicha autorización el robot coge la pieza y se la lleva al desbarbador. Donde después de cambiar de nuevo la herramienta desbarba la pieza con el desbarbador. Una vez la ha desbarbado coge la herramienta 3 dedos para llevar la pieza hasta la zona de salida. Cuando se cumplen las condiciones el robot deja la pieza en la salida y cambia de nuevo a la herramienta 2 dedos para iniciar otro ciclo.



## 12. Planificación

Para la realización del proyecto se destinan 600 horas, de las cuales 40 van destinadas a la realización de este anteproyecto. El inicio del proyecto se marca desde el 15 de febrero de 2016 hasta el 5 de Junio de 2016.

Las tareas del proyecto son las siguientes:

A-Búsqueda de información: Se realizará la búsqueda de toda la información necesaria para llevar a cabo el proyecto.

B-Diseño eléctrico potencia máquina CNC: se realizará el dimensionado de la acometida y de sus componentes de protección, así como la medida de las mangueras eléctricas.

C-Diseño eléctrico potencia célula: se realizará el dimensionado de la acometida y de sus componentes de protección, así como la medida de las mangueras eléctricas.

D-Diseño eléctrico y dimensionado del compresor de aire: se realizará el dimensionado del compresor, de la acometida, de sus componentes de protección y la medida de las mangueras eléctricas.

E-Diseño eléctrico maniobra e interface de la célula: se realizará el diseño de todas las conexiones de maniobra del controlador del robot con el resto de estaciones, también el diseño del armario eléctrico y la definición de sus componentes.

F-Diseño eléctrico seguridad célula: se realizará el diseño de todas las conexiones de seguridad entre todos los equipos y diseño eléctrico del vallado de seguridad.

G-Diseño de layout y dimensiones de la célula: se realizará un layout preciso con la ubicación de los diferentes componentes y sus dimensiones.

H-Diseño de la instalación neumática de los equipos: se realizará el diseño de la instalación neumática y el dimensionado de sus componentes.

I-Diseño maniobra neumática: se realizará el diseño del circuito de maniobra neumática, así como las características y ubicación de sus componentes.

J-Diseño y ubicación de las herramientas del robot: Se realizará el estudio de la posición de las herramientas así como el diseño sus conexiones.

K-Programación robot: se realizará la programación del robot central.

L-Comprobación de señales: una vez el equipo instalador vaya acabando de montar y conectar los equipos, se podrá ir comprobando las señales entre equipos.

M-Puesta en marcha: Una vez este todo montado, las señales comprobadas y el robot programado se podrá realizar la puesta en marcha de la célula. Se probaran partes del programa a una velocidad reducida hasta ir aumentando dicha velocidad y poder trabajar con la maquina en automático y con los dispositivos de seguridad activados.

N-Documentación del proyecto: Durante la realización del proyecto se irá documentando todo lo que se realice.

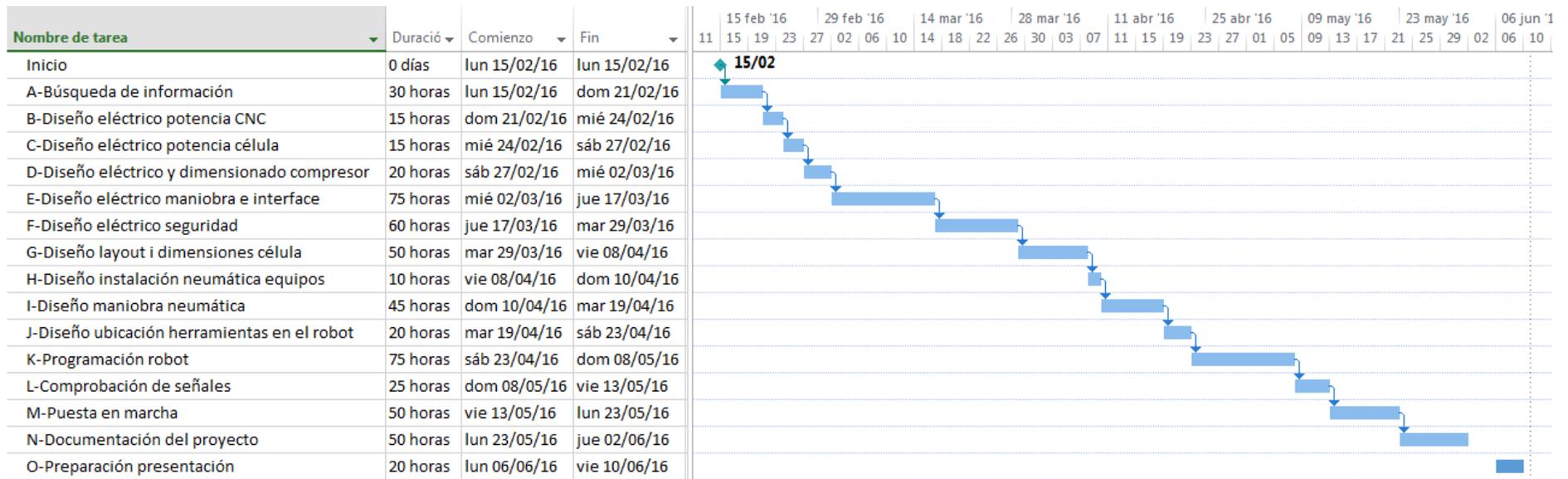
O-Preparación presentación: se realizará una presentación para exponer el proyecto.

Las horas destinadas a cada tarea serán:

Tareas		predecesora	duración
A	Búsqueda de información sobre el proyecto	-	30
B	Diseño eléctrico potencia máquina CNC	A	15
C	Diseño eléctrico potencia célula	A	15
D	Diseño eléctrico y dimensionamiento compresor aire comprimido	A	20
E	Diseño eléctrico maniobra e interface célula	C	75
F	Diseño eléctrico seguridad célula	E	60
G	Diseño layout i dimensiones detallado de la célula	A	50
H	Diseño instalación neumática equipos	D	10
I	Diseño maniobra neumática	D,H	45
J	Diseño ubicación herramientas en el robot	A,E,I	20
K	Programación robot	J,I,G,F,E	75
L	Comprobación de señales	J,I,G,F,E	25
M	Puesta en marcha	L	50
N	Documentación proyecto	-	50
O	Preparación de la presentación del proyecto	M	20
		Total horas	560

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.1. Tabla tareas proyecto.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12.1 Diagrama de Gantt

Los costes directos del proyecto serán:

Tareas		Precio	Horas	Importe
A	Búsqueda de información sobre el proyecto	35,00 €	30	1.050,00 €
B	Diseño eléctrico potencia máquina CNC	40,00 €	15	600,00 €
C	Diseño eléctrico potencia célula	40,00 €	15	600,00 €
D	Diseño eléctrico y dimensionamiento compresor	40,00 €	20	800,00 €
E	Diseño eléctrico maniobra e interface célula	40,00 €	75	3.000,00 €
F	Diseño eléctrico seguridad célula	40,00 €	60	2.400,00 €
G	Diseño layout i dimensiones detallado de la célula	40,00 €	50	2.000,00 €
H	Diseño instalación neumática equipos	40,00 €	10	400,00 €
I	Diseño maniobra neumática	40,00 €	45	1.800,00 €
J	Diseño ubicación herramientas en el robot	40,00 €	20	800,00 €
K	Programación robot	40,00 €	75	3.000,00 €
L	Comprobación de señales	40,00 €	25	1.000,00 €
M	Puesta en marcha	40,00 €	50	2.000,00 €
N	Documentación proyecto	25,00 €	50	1.250,00 €
O	Preparación de la presentación del proyecto	25,00 €	20	500,00 €
		Total horas	560	21.200,00 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.2. Tabla costes directos del proyecto

En la planificación debido a que solo se tiene como recurso a una persona, el camino crítico es todo el proceso ya que pasa a ser secuencial, sí que es cierto que a la hora de llevarlo a cabo si en algún momento hay cualquier tipo de atasco se pueden avanzar en paralelo tareas respetando la relación entre ellas.

### **Fase de ejecución**

En relación a la planificación hecha en el anteproyecto con el resultado final, ha habido diversos cambios debido a modificaciones en el desarrollo del diseño y a erróneos cálculos de tiempo en alguna tarea.

El orden de desarrollo de las tareas prácticamente se ha cumplido, a excepción de la tarea “H-Diseño instalación neumática equipos” que se ha realizado antes de la tarea “G-Diseño layout i dimensiones célula”, este cambio es debido a que antes de empezar con el desarrollo de la célula se ha querido finalizar todo el diseño del suministro de la célula.

Otro cambio importante es la eliminación y aparición de una tarea, debido a unos imprevistos en el desarrollo de la instalación de la célula que se iba a desarrollar en

paralelo, la tarea “L-Comprobación de señales” se ha eliminado. En su lugar se ha realizado otra tarea que no estaba prevista, denominada con la misma referencia “L-Diseño piezas mecánicas”. El proyecto no iba a incluir ningún diseño mecánico, pero debido a que todo el diseño de las herramientas sí que se iba a realizar, se ha creído conveniente adecuar por completo las herramientas y así también se aprende a realizar el diseño mecánico de piezas para el montaje de herramientas.

Las grandes variaciones aparecen en la duración de las tareas, en la mayoría de casos es debido a un error de cálculo de las horas de trabajo. También se ha visto afectada esta duración al no realizar la puesta en marcha física de la célula. A continuación se detallan las tareas que se han modificado su duración:

F-Diseño eléctrico seguridad célula: se habían estimado en la planificación 30 horas, pero realmente el diseño final han sido de 60 horas. Esto es debido a 2 grandes aspectos, el primero que no se había tenido en cuenta que las emergencias de la CNC había que tratarlas como de la propia célula y segundo que se había calculado un tiempo muy pequeño para el diseño del sistema de vallado de seguridad. Este error de cálculo se hubiese solventado con una mayor búsqueda de información previa.

G-Diseño layout i dimensiones detallado célula: las horas estimadas eran 50, pero al final se han realizado 100 horas. Ha sido un error de cálculo ya que para poder realizar el dimensionado de la célula, se ha tenido que ensamblar todos los componentes en 3D. La poca habilidad con el programa de dibujo y los muchos detalles que no se habían tenido en cuenta a hecho que se doble el número de horas en esta tarea.

H-Diseño instalación neumática equipos: las horas estimadas eran 10, pero al final se han realizado 30 horas. Esto es debido sobre todo al tiempo empleado en la búsqueda de los elementos idóneos. No se era consciente de que en material neumático hay múltiples opciones para solventar tu problema. Por ejemplo para un simple racor, hay que tener en cuenta el tubo de salida, la rosca de entrada, el material del racor, si tiene regulador, si es salida en codo o recto, etc.

J-Diseño ubicación herramientas en el robot: las horas estimadas eran 20, pero al final se han realizado 40 horas. El aumento de horas es debido como en ejemplo anterior, en la búsqueda de la referencia correcta. Las herramientas eran de la marca Schunk, y al realizar el proyecto con ellos se esperaba una mayor ayuda en la selección de las

herramientas, se ha tenido que dedicar un tiempo extra para escoger las referencias idóneas.

K-Programación robot: las horas estimadas eran 75, pero al final se han realizado 50 horas. La reducción de estas horas es debido a no poder realizar el programa con el robot físico. El programa se ha realizado mediante un simulador. Esto ha facilitado mucho la tarea.

M-Puesta en marcha: las horas estimadas eran 50, pero al final se han realizado 10 horas. El motivo es exactamente el mismo que el anterior, al no realizarse una puesta en marcha física, la puesta en marcha del programa se ha hecho mediante el simulador.

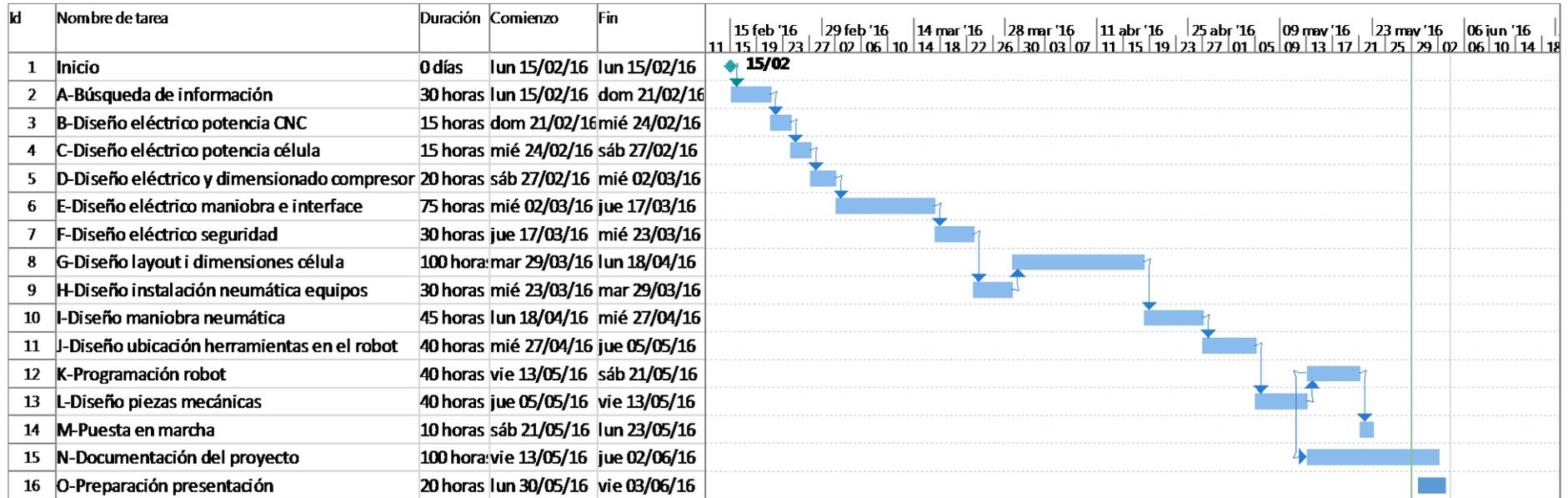
N-Documentación: las horas estimadas eran 50, pero al final se han realizado 100 horas. Ha sido un error de cálculo de tiempo, se han dedicado muchas horas de documentación.

Por tanto las horas dedicadas a cada tarea y el Gantt de ejecución quedan de la siguiente manera:

Tareas		predecesora	duración
A	Búsqueda de información sobre el proyecto	-	30
B	Diseño eléctrico potencia máquina CNC	A	15
C	Diseño eléctrico potencia célula	A	15
D	Diseño eléctrico y dimensionamiento compresor	A	20
E	Diseño eléctrico maniobra e interface célula	C	75
F	Diseño eléctrico seguridad célula	E	30
G	Diseño layout i dimensiones detallado de la célula	A	100
H	Diseño instalación neumática equipos	D	30
I	Diseño maniobra neumática	D,H	45
J	Diseño ubicación herramientas en el robot	A,E,I	40
K	Programación robot	J,I,G,F,E	50
L	Diseño piezas mecánicas para fabricar	J	40
M	Puesta en marcha	K	10
N	Documentación proyecto	-	100
O	Preparación de la presentación del proyecto	M	20
		Total horas	620

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.3. Tabla tareas fase ejecución



Fuente: Elaboración propia

Figura 12.2 Diagrama de Gantt ejecución

El número de horas total ha aumentado, por tanto el coste directo del proyecto final también.

Tareas		Precio	Horas	Importe
A	Búsqueda de información sobre el proyecto	35,00 €	30	1.050,00 €
B	Diseño eléctrico potencia máquina CNC	40,00 €	15	600,00 €
C	Diseño eléctrico potencia célula	40,00 €	15	600,00 €
D	Diseño eléctrico y dimensionamiento compresor	40,00 €	20	800,00 €
E	Diseño eléctrico maniobra e interface célula	40,00 €	75	3.000,00 €
F	Diseño eléctrico seguridad célula	40,00 €	30	1.200,00 €
G	Diseño layout i dimensiones detallado de la célula	40,00 €	100	4.000,00 €
H	Diseño instalación neumática equipos	40,00 €	30	1.200,00 €
I	Diseño maniobra neumática	40,00 €	45	1.800,00 €
J	Diseño ubicación herramientas en el robot	40,00 €	40	1.600,00 €
K	Programación robot	40,00 €	50	2.000,00 €
L	Diseño piezas mecánicas para fabricar	40,00 €	40	1.600,00 €
M	Puesta en marcha	40,00 €	10	400,00 €
N	Documentación proyecto	25,00 €	100	2.500,00 €
O	Preparación de la presentación del proyecto	25,00 €	20	500,00 €
		Total horas	620	22.850,00 €

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.4. Costes directos del proyecto fase ejecución

## 13. Impacto medioambiental

En el proyecto se pueden considerar 2 grandes focos a tener en cuenta como impacto medioambiental o acción impactante. Se tiene en la fase de construcción los residuos eléctricos y electrónicos y en la fase de ejecución, aunque solo entrará en producción en alguna demostración, se generaran residuos de hierro o acero.

Para el primer caso tal y como define el Real Decreto 208/2005, los aparatos eléctricos y electrónicos son aquéllos que "necesitan para funcionar con una tensión nominal no superior a 1.000V en corriente alterna y 1.500V en corriente continua, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos". El Real Decreto establece que, cuando los aparatos eléctricos y electrónicos ya no son útiles para el consumidor y desea deshacerse de ellos, es necesaria su buena gestión para disminuir el volumen de residuos, fomentar la reutilización de los equipos, el reciclaje y la valorización.

Para el segundo caso se tendrán que reciclar dichos residuos de hierro y acero, habilitando una zona para la dejada de estos para su posterior tramitación por una empresa especializada.

Para la correcta fabricación de la célula se seguirán las directrices que marca las norma UNE-EN ISO 10218-1:2012 y UNE-EN ISO 10218-2:2012 referida a Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales.

Se ha realizado un estudio de impacto ambiental siguiendo unas tablas que se adjuntan en el Anexo I del anteproyecto, a continuación se recogen las principales acciones y factores que se tendrán que tener en consideración en el estudio de detalle. Tabla 13.1

### Acciones impactantes

Acciones Impactantes		Observaciones
Fase de Construcción o Ejecución	Residuos eléctricos y electrónicos	Los residuos serán reciclados.
Fase de Funcionamiento o Explotación	Residuos sólidos de hierro o acero	Los residuos serán reciclados.
	Consumo eléctrico	
Fase de Uso		

### Factores ambientales impactantes

	Factor Ambiental	Impacto sobre ...
Medio Natural	Atmosfera	Contaminación acústica leve
	Suelo	-
	Agua	-
	Flora	-
	Fauna	-
	Medio perceptual	-
Medio Socioeconómico	Usos del territorio	No genera cambios importantes
	Culturales	No genera impactos importantes
	Infraestructura	No está previsto
	Humanos	Salud y seguridad
	Economía i población	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13.1. Tablas resumen análisis medioambiental

## 14. Conclusiones

Para la redacción de la memoria el diseño se ha mostrado dividido en diferentes partes, pero realmente el diseño se ha realizado de forma global como puede verse en el documento Planos. Se tiene un esquema eléctrico general donde están; los suministros; las conexiones de la controladora con el armario concentrador de señales; la conexión de cada estación, de seguridades y emergencias con el armario concentrador de señales; y las conexiones de la muñeca y de cada herramienta con la controladora. Lo mismo sucede con el esquema neumático y el montaje de las estaciones en la célula.

El proyecto contiene todo lo necesario para llevar a cabo la fabricación de la célula. Se ha definido como se tiene que realizar la acometida tanto eléctrica como neumática, y al no tener compresor se ha dimensionado el compresor necesario para todo el local. Se ha definido la ubicación con medidas de todos los elementos que contiene la célula y de la bancada. Debido al reducido espacio que se tiene en la controladora y la dificultad de conexión de los conectores, se ha diseñado un armario para concentrar todas las señales. En este armario está definida la ubicación de los componentes, los componentes y sus conexiones. Se ha definido las conexiones de cada una de las estaciones con este armario concentrador. Las conexiones que se han de realizar en la superficie de la bancada tienen definido con exactitud los agujeros de paso. Se han definido las conexiones neumáticas de todos los elementos, su instalación y los componentes necesarios. Se han especificado todas las herramientas necesarias, su montaje y sus conexiones. Se han diseñado las protecciones de seguridad y emergencias para hacer la célula una máquina segura; detallando ubicación, montaje y conexionado. Por último se ha realizado el programa de control para trabajar con la célula, cumpliendo el objetivo primordial de exponer las herramientas del cliente.

El proyecto se ha desarrollado en base a los objetivos y especificaciones técnicas. El objetivo principal de la célula era el diseño y programación de una célula robotizada para la exposición de productos de la empresa SCHUNK. Como se ha comentado anteriormente el objetivo principal de la célula se ha cumplido, ya que se ha realizado el diseño teniendo en cuenta todos los productos que se podían montar de SCHUNK. Sí que es cierto que ha habido ciertas modificaciones y variaciones del planteamiento inicial.

Las variaciones y modificaciones respecto al planteamiento inicial son las siguientes.

- La funcionalidad de la maquina definía un control de calidad posterior al mecanizado de la pieza. Debido a que la estación de calidad está equipada con un sensor de visión en vez de una cámara, dificulta mucha la labor de control de calidad. Por lo que se ha establecido como una estación de identificación de pieza a trabajar. El nombre de la estación para la realización del diseño no ha variado.
- Se había definido la pieza de 6 cm de lado, pero analizando las herramientas y la muñeca del robot, eran unas piezas demasiado grandes. Al final las piezas son de 40 cm de lado.
- Se detalló que no se iba a realizar ningún diseño mecánico, pero al querer definir con exactitud el montaje de las herramientas se decide diseñar la placa adaptadora de la muñeca y los dedos de las 2 herramientas. Esta tarea también ha aportado el aprendizaje de diseñar una pieza mecánica para su posterior fabricación.
- Se estableció que se realizaría el montaje en paralelo, para su posterior puesta en marcha. Debido a falta de recursos por parte del cliente, han pospuesto la fabricación de la célula. Sí que se han realizado algunas tareas, como se ha mostrado en la documentación. Este cambio ha implicado modificaciones en la planificación del proyecto, como se ha comentado en el capítulo 12.

Como se ha comentado en este último punto, al no realizar el montaje en paralelo la planificación a variado, ha habido un aumento de 60 horas respecto a la previsión. Esto ha afectado al presupuesto del proyecto:

SUBTOTAL PROYECTO INGENIERÍA	26277.00 €
SUBTOTAL ANTEPROYECTO INGENIERÍA	1610.00€
<b>TOTAL CAPÍTULO I</b>	<b>34858.75€</b>

Respeto al presupuesto inicial ha habido un aumento de 2400,00 euros. Siendo la cifra final del proyecto 45753,02€.

Las especificaciones han estado muy presentes en el diseño de la célula, se han seguido para realizar lo que el cliente demanda.

Las herramientas que el cliente quería exponer han podido adaptarse para que puedan trabajar en la célula. Esto no quiere decir que en un futuro, si el cliente lo desea, se puedan

adaptar nuevas herramientas. Tal y como se ha realizado el diseño es sencillo implementar nuevos productos.

La célula no está acotada al uso del diseño de esta memoria, se ha planteado de tal manera que se pueden añadir nuevos elementos o cambiar elementos existentes con gran facilidad. Esto es un detalle interesante ya que el cliente puede sacar al mercado nuevos productos y quererlos añadir. Pero no solo eso, el propio programa se puede realizar de muchas formas. Este detalle es interesante para el hecho de poder realizar formaciones.

Se ha tenido muy presente diseñar una célula que cumpla especificaciones tanto técnicas como de seguridad. Es por eso que se ha equipado con las medidas necesarias para que nadie pueda sufrir ningún daño. Siempre teniendo en cuenta el detalle de que es una máquina con fin comercial.

Otro detalle que le preocupaba al cliente es el hecho de poder transportarla con facilidad, por ello se diseñó una bancada que al retirar el zócalo inferior pueda cogerse como si de un palé se tratase.

Como futura línea de trabajo, sería interesante cambiar la cámara, esto implicaría mayor variedad de trabajo y tener un resultado final mucha más robusto.

También sería interesante equipar a la célula con un interruptor de seguridad con bobina de enclavamiento. Esto implica montar un pequeño PLC para saber si el operario quiere abrir o no. Como está diseñado, en el momento que se abre la puerta paramos el robot, en cambio con la bobina, hasta que el robot no acaba el ciclo no dejaría abrir la puerta.

La realización de este proyecto ha sido un trabajo que ha aportado muchas cosas, la realización de layout y montajes con una herramienta 3D, la realización de esquemas eléctricos, la búsqueda de los componentes necesarios, los métodos de programación de Fanuc, la relación con proveedores, la relación con el cliente Schunk y, muy importante, gestionar el tiempo y el trabajo.



## Referencias

- Artículos web:

[1] ASOCIACION ESPAÑOLA DE ROBOTICA Y AUTOMATIZACION TECNOLOGIAS DE LA PRODUCCION. (2015) <http://www.aeratp.com/aer-atp>

[2] INFOPLC (2015) <http://www.infoplac.net/entrevistas/1362-humberto-rodriguez>

[3] FANUC ROBOTICS (2015) <http://www.fanuc.eu/es/es>

[4] INSTITUTO DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (2016) <http://www.insht.es>

- Libros:

[5] G. FERRATÉ (1986) Robótica industrial, Marcombo

[6] FANUC (2014) Training manual (R30iB) V2.1

[7] FRANCO MARTIN SANCHEZ (2003) Nuevo manual de instalaciones eléctricas, A. Madrid ediciones

