

# Trabajo Fin de Grado

Automatización de una célula de corte

Automation of a cutting cell

Autor

Yerai Cardiel Recio

Director

Pedro Pablo Huerta Abad

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia

Junio 2021





**Escuela Universitaria  
Politécnica** - La Almunia  
Centro adscrito  
**Universidad Zaragoza**

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA  
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

<b>MEMORIA</b>
----------------

Automatización de una célula de corte

Automation of a cutting cell

424.24.60

Autor: Yerai Cardiel Recio

Director: Pedro Pablo Huerta Abad

Fecha: 02/2024



## INDICE DE CONTENIDO BREVE

1. RESUMEN	8
2. ABSTRACT	10
3. INTRODUCCIÓN	11
4. DESARROLLO	16
5. CONCLUSIONES	99
6. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	100
7. BIBLIOGRAFÍA	101

# INDICE DE CONTENIDO

<b>1. RESUMEN</b>	<b>8</b>
1.1. PALABRAS CLAVE	8
<b>2. ABSTRACT</b>	<b>10</b>
2.1. KEY WORDS	10
<b>3. INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
3.1. OBJETO	12
3.2. ANTECEDENTES	12
3.2.1. ArcelorMittal	12
3.2.1.1. ArcelorMittal TBZ	13
3.2.1.2. Certificaciones	14
3.2.2. Siemens AG	14
3.2.3. ABB	15
<b>4. DESARROLLO</b>	<b>16</b>
4.1. ESTADO DEL ARTE	16
4.1.1. Proceso y funcionamiento de la célula de corte	16
4.1.1.1. Información genérica del proceso	16
4.1.1.2. Entrada de palé	19
4.1.1.3. Primera fase	21
4.1.1.4. Segunda fase	23
4.1.1.5. Tercera fase	24
4.1.1.6. Salida de palé	24
4.1.2. Sensores	25
4.1.2.1. Características de los sensores	27
4.1.2.1.1. Características estáticas	27
4.1.2.1.2. Características dinámicas	28
4.1.2.1.3. Características eléctricas	29
4.1.2.2. Tipos de sensores	29
4.1.2.2.1. Sensores capacitivos	29
4.1.2.2.2. Sensores inductivos	31
4.1.2.2.3. Sensores tipo NAMUR	31
4.1.2.2.4. Finales de carrera	32
4.1.2.2.5. Sensores fotoeléctricos	32
4.1.2.2.6. Encoder	33
4.1.2.2.7. Sensores de presión	34
4.1.2.2.8. Sensores de temperatura	35
4.1.2.2.9. Sensores magnéticos	35

4.1.2.2.10. Sensores ultrasónicos	36
4.1.2.2.11. Sensores piezoeléctricos	36
4.1.2.2.12. Sensores de humedad	36
<b>4.1.3. Actuadores</b>	<b>36</b>
4.1.3.1. Actuadores hidráulicos	38
4.1.3.2. Actuadores neumáticos	38
4.1.3.3. Actuadores eléctricos	38
4.1.3.4. Actuador térmico	39
4.1.3.5. Actuador magnético	40
4.1.3.6. Actuadores mecánicos	41
<b>4.1.4. Toolings</b>	<b>41</b>
<b>4.1.5. Sistemas de control</b>	<b>43</b>
4.1.5.1. Jerarquía de un sistema de control	44
4.1.5.2. PLC Siemens	46
4.1.5.2.1. Arquitectura de un autómatas	46
4.1.5.2.2. Ciclo de SCAN	47
4.1.5.2.3. Periferia descentralizada	48
4.1.5.2.4. Protocolos de comunicación	49
4.1.5.2.5. SCADA	49
4.1.5.2.6. HMI	50
4.1.5.3. Protocolos de comunicación	50
4.1.5.3.1. Profinet	51
4.1.5.3.2. Profibus	52
<b>4.1.6. Robots ABB</b>	<b>52</b>
<b>4.1.7. Cizalla Accurshear</b>	<b>55</b>
<b>4.2. ARMARIOS ELÉCTRICOS</b>	<b>55</b>
4.2.1. Primera fila del armario eléctrico	56
4.2.2. Segunda fila del armario eléctrico	57
4.2.3. Tercera fila del armario eléctrico	58
4.2.4. Cuarta fila del armario eléctrico	59
4.2.5. Quinta fila del armario eléctrico	60
4.2.6. Sexta fila del armario eléctrico	60
<b>4.3. CONTROL AUTOMATIZADO DE LA LÍNEA</b>	<b>61</b>
4.3.1. Comunicación de red	61
4.3.2. Programación del autómatas	65
<b>4.4. COMPONENTES DE LA LÍNEA</b>	<b>71</b>
4.4.1. Maquinaria	71
4.4.2. Materiales mecánicos	72
4.4.3. Materiales eléctricos	74
4.4.4. Materiales neumáticos	82

4.4.5. Localización de la planta	83
4.5. SEGURIDAD	83
4.5.1. Botones de emergencia	84
4.5.2. Vallado perimetral	85
4.5.3. Cierre de seguridad	86
4.5.4. Barreras fotoeléctricas de seguridad	87
4.5.5. Consigna / bloqueo LOTO	88
4.5.6. Real Decreto 1215/1997	89
4.6. NUEVA REFERENCIA	90
4.7. MANTENIMIENTO	92
4.7.1. Mantenimiento preventivo	93
4.7.2. Mantenimiento preventivo autónomo	93
4.7.2.1. Mantenimiento preventivo profesional	94
4.7.3. Mantenimiento correctivo	95
4.8. CONTROL DE PROCESOS	95
4.8.1. MES	95
4.8.2. Formatos de calidad	97
4.8.3. Control de calidad	98
4.8.4. Distribución de producto	98
5. CONCLUSIONES	99
6. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	100
7. BIBLIOGRAFÍA	101



# INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Robot articulado .....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 2. Imagen 3D del proceso industrial .....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 3. Layout de la postcutting .....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 4. Foto de los posicionadores.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 5. Posicionadores mesa de gravedad.....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 6. Botonería del puesto de control.....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 7. Mesa inclinada.....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 8. Topes frontales .....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 9. Mesa inclinada y cilindros posicionadores.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 10. Palet en proceso de llenado .....</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 11. Imagen sensor ideal/real .....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 12. Funcionamiento sensor capacitivo.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 13. Banderola estándar (Sensores y detectores industriales, Pedro Huerta).....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 14. Sensor NAMUR.....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 15. Funcionamiento de encoder.....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 16. Actuador eléctrico.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 17. Tooling Robot1.....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 18. Ventosa de vacío .....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 19. Automatismo eléctrico vs automatismo programable .....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 20. Pirámide de la automatización industrial .....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 21. Arquitectura de un autómatas programable (Mateos, 2001) .....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 22. Funcionamiento del ciclo de SCAN .....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 23. SIMATIC ET 200.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 24. Robot ABB IRB 6700 MH3 .....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 25. Cizalla Accurshear 61358.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 26. Armario eléctrico completo .....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 27. Primera fila del armario eléctrico .....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 28. Segunda fila del armario eléctrico .....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 29. Tercera fila del armario eléctrico.....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 30. Cuarta fila del armario eléctrico .....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 31. Quinta fila de armario eléctrico .....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 32. Sexta fila del armario eléctrico .....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 33. Conector Ethernet (profinet) y conector RS-485 (profibus).....</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 34. Diferentes XAL del proceso .....</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 35. Diagrama secuencia de arranque .....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 36. Diagrama mesa de medición .....</i>	<i>66</i>

<i>Ilustración 37. Diagrama de entrada de cizalla .....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 38. Diagrama mesa de cepillos.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 39. Diagrama de salida de cizalla.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 40. Diagrama Robot1 .....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 41. Diagrama Robot2 .....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 42. Unidad neumática .....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 43. Ubicación de las instalaciones de ArcelorMittal TBZ.....</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 44. Botones de emergencia del proceso.....</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 45. Vallado perimetral de seguridad del proceso.....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 46. Cierre de seguridad del proceso .....</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 47. Barreras de seguridad del proceso .....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 48. Consigna personal .....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 49. Análisis y evolución de riesgos (formación R.D. 1215/97, EUCHNER) .....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 50. Especificaciones generales de la nueva referencia.....</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 51. Analogía del mantenimiento de la medicina (Diseño y Mantenimiento de Sistemas Mecatrónicos, Carmelo José Borque Horna) .....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 52. MES (Manufacturing Execution System) .....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 53. Carretilla para la carga y descarga .....</i>	<i>98</i>

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Comparativa buses basados en Ethernet (Caler, 2015).....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 2. Normativa de robots ABB.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 3. Código de ubicación y localización en anexos.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 4. Materiales mecánicos.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 5. Materiales eléctricos.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 6. Materiales neumáticos.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 7. Datos técnicos de la carretilla.....</i>	<i>98</i>

# 1. RESUMEN

Este trabajo se basa en el estudio de la automatización de una célula de corte de chapas metálicas de la empresa ArcelorMittal Tailored Blanks Zaragoza.

El desarrollo de este trabajo consta de diferentes apartados. El primero de ellos consiste en una búsqueda de información sobre ArcelorMittal y del sector en el que opera.

Posteriormente se ha buscado profundizar en el funcionamiento del conjunto de procesos y máquinas de la célula de corte, dividiendo este apartado en varias fases para poder realizar un estudio detallado.

Una vez se tiene en conocimiento la operativa del proceso se ha realizado un estudio en profundidad sobre la automatización de proceso. En este caso la planta emplea un SIMATIC S7-1500; también se ha realizado un SCADA controlado a través de un HMI Panel con el software Tia Portal.

En los dos siguientes apartados se ha buscado profundizar en la distribución de la planta, así como la seguridad del conjunto teniendo en cuenta las normativas correspondientes.

Por último, se ha realizado un estudio de cómo los departamentos de mantenimiento y procesos operan con la célula de corte en cuestión, profundizando en todos los tipos de mantenimiento, los costes de producción, tolerancias, transporte, etc.

## 1.1. PALABRAS CLAVE

- Tia Portal
- Programación
- Robots ABB
- HMI
- Automatización



## 2. ABSTRACT

This work is based on the study of the automation of a sheet metal cutting cell of the company ArcelorMittal Tailored Blanks Zaragoza.

The development of this work will consist of different sections. The first one will consist of a search for information about ArcelorMittal and the sector in which it operates.

Subsequently, it will be sought to deepen in the operation of the set of processes and machines of the cutting cell, dividing this section into several phases in order to carry out a detailed study.

Once the operation of the process is known, an in-depth study of the process automation will be carried out. In this case the plant uses a SIMATIC S7-1500. A SCADA controlled through an HMI Panel with Tia Portal software will also be carried out.

In the next two sections, we will look into the plant layout and the safety of the plant, taking into account the corresponding regulations.

Finally, a study of how the maintenance and process departments operate with the cutting cell in question will be carried out, delving into all types of maintenance, production costs, tolerances, transport, etc.

### 2.1. KEY WORDS

- Tia Portal
- Programming
- ABB Robots
- HMI
- Automation

### 3. INTRODUCCIÓN

La automatización ha sido un concepto fundamental para el desarrollo y la evolución en la industria moderna. Desde los inicios de la Revolución Industrial hasta los avances de la era digital, la automatización ha desempeñado un papel crucial para mejorar la eficiencia, productividad y calidad de numerosos sectores industriales.

En la historia del ser humano siempre ha existido el deseo de facilitar las tareas, aumentar la productividad y mejorar la calidad de vida. Desde las primeras herramientas de la Edad de Piedra hasta los complejos sistemas de automatización de la época actual, cada avance ha sido impulsado por el constante deseo de superar desafíos, optimizar procesos y alcanzar nuevas fronteras.

La automatización industrial data del año 2000 a.C., cuando por primera vez se utilizaron las primeras máquinas: las poleas y palancas. Los egipcios fueron los inventores de las primeras poleas, las cuales emplearon para construir las pirámides; se cree que estas primeras poleas eran simples discos de madera con una cuerda atada alrededor del borde.

En el siglo XVIII aparece la Primera Revolución Industrial. En esta primera etapa, conocida como industria 1.0, gracias al uso de la energía a vapor y la mecanización de la producción se incrementó significativamente la productividad humana. Esta etapa marcó un cambio radical en los métodos de producción gracias a la aparición de la máquina de vapor, el gran desarrollo de la industria textil y la mecanización de la producción.

A finales del siglo XIX, debido a nuevos cambios económicos, sociales y tecnológicos, surge la industria 2.0. La electricidad y el petróleo aparecen como nuevas formas de energía, lo cual permite una producción en masa.

Posteriormente, hubo un ferviente desarrollo de los sistemas informáticos y de las computadoras, traduciéndose en un aumento significativo en la velocidad de producción y en la aparición de la industria 3.0. El principal protagonista de este periodo fue el PLC, un controlador programable que vio sus inicios en 1968 gracias a un pequeño grupo de jóvenes ingenieros al presentarse a una convocatoria lanzada por la General Motors.

Actualmente, gracias a la aplicación de IoT (Internet of Things) disponemos de una conectividad de entre dispositivos a través de su software, sensores u otras tecnologías empleando como medio el internet. El periodo actual es el conocido como industria 4.0.

## 3.1. OBJETO

El objetivo principal de este trabajo es la realización de un estudio en profundidad sobre funcionamiento del proceso de producción de la línea de postcutting (corte posterior al corte de conformado). Para ello se hará una división del funcionamiento del proceso en 3 fases, teniendo en cuenta también tanto la entrada como la salida de los palés. También se hará una descripción detallada de los componentes que operan en el proceso, haciendo hincapié en los más relevantes, como los dos robots ABB o la cizalla Accurshear.

Se procederá a hacer una lista con los actuadores y sensores de todo el sistema, así como los diferentes toolings que emplea el proceso, con el objeto de conocer los componentes que se emplean y sus funciones específicas.

Los tres componentes más significativos, los dos robots ABB y la cizalla Accurshear, serán descritos con mayor profundidad, explicando el funcionamiento de éstos, aportando documentación, layout, etc.

Todo esto deberá ser controlado con un conjunto de elementos de seguridad y un PLC los cuales dotarán al sistema con las funcionalidades necesarias para desempeñar su función de forma automatizada y lo más segura posible.

Una vez descrito el funcionamiento total del conjunto se procederá a la creación de una nueva referencia para un cliente ficticio, concretando unas dimensiones y tolerancias específicas.

Por último, se realizará un análisis detallado de la operativa de los departamentos de mantenimiento y control de procesos con el fin de ver el funcionamiento, eficiencia y calidad de los productos.

## 3.2. ANTECEDENTES

### 3.2.1. ArcelorMittal

ArcelorMittal es la entidad sucesora de Mittal Steel, una empresa constituida por Lakshmi N. Mittal, actual presidente de la Dirección General y del Consejo de Administración de la empresa. ArcelorMittal surgió mediante la fusión de Arcelor y Mittal Steel en el año 2006.

Desde 1992 hasta la fusión en 2006, Mittal Steel consiguió adquirir numerosas compañías del sector. Algunas destacadas fueron Sidbec, en



Canadá; Thyssen Duisburg, en Alemania; Inland Steel, en Estados Unidos; Valin Steel, en China.

Arcelor se constituyó en febrero de 2002 tras la fusión de Arbed (Lunxemburgo), Aceralia (España) y Unisor (Francia). Arcelor también disponía de importantes instalaciones siderúrgicas en Bélgica, Alemania, Italia, Brasil y Argentina. Arcelor adquirió una participación mayoritaria en compañías como Companhia Siderúrgica de Tubarão en 2004, o la sociedad Dofasco (Canadá) en 2006.

En el momento de la fusión entre Arcelor y Mittal Steel, Arcelor era el segundo mayor productor siderúrgico a nivel mundial.

Hoy en día, ArcelorMittal es el principal productor siderúrgico y minero a escala mundial, con una plantilla de casi 200.000 empleados y presente en más de 60 países. Arcelor Mittal ocupa una posición de liderazgo mundial en todos los principales mercados, incluyendo el automóvil, la construcción, los electrodomésticos y los envases.

La empresa con la que se va a cotar a la hora de realizar este TFG es ArcelorMittal Tailored Blanks Zaragoza, ubicada en Pedrola. Fue creada en 1999 y está altamente vinculada con el sector de la automoción. Esta empresa produce anualmente más de 4 millones de unidades de múltiples formatos, tales como carrocerías de coche formadas por chapas de acero soldadas mediante laser.

### 3.2.1.1. ArcelorMittal TBZ

ArcelorMittal Tailored Blanks Zaragoza dispone de una Línea de Blanking con una prensa de 1200 toneladas, cuatro soldaduras láser, dos líneas de ablación, un almacén automático con 500 celdas, una postcutting, una MPI (Multi Par Installation), varias soldaduras por punto y una cinta de chatarra.

Esta compañía se ha convertido en la primera organización del sector de Minería y Metales que obtiene el certificado de Empresa Saludable, el cual concede la Asociación Española de Normalización y Certificación.

Actualmente, ArcelorMittal emplea el sistema WCM (World Class Manufacturing). Es un tipo de modelo de origen japonés cuyo objetivo es promover la mejora continua en los procesos de producción y logística. Se enfoca principalmente en la reducción de costes, materializándose a través de una cultura corporativa focalizada en las personas. El sistema se despliega en diez pilares técnicos:

- Seguridad.
- Despliegue de costes.

- Mejora focalizada.
- Actividades autónomas.
- Mantenimiento profesional.
- Control de Calidad.
- Logística/servicio al cliente.
- Gestión precoz de productos y equipos.
- Desarrollo de las personas.
- Ambiente y energía.

WCM sirve para gestionar los procesos de manera eficiente, integrando todos los aspectos de la organización como la calidad, factores ambientales, de seguridad, de ahorro de energía, innovación, de fiabilidad de entrega, etc. y aplicando la mejora continua, lo que se traduce en un aumento del rendimiento y el fomento de las mejores prácticas.

### 3.2.1.2. Certificaciones

- ISO 9001
- ISO/TS 16949
- ISO14001
- OHSAS 18001

### 3.2.2. Siemens AG

Siemens AG es una multinacional alemana considerada como la mayor empresa de fabricación industrial de Europa, contando con un total de 190 sucursales por todo el mundo. Los principales sectores en los que opera Siemens son: sector industrial, sector de infraestructuras y ciudades, sector energético, y sector de la salud.

La empresa fue fundada en 1847 por Werner von Siemens en Berlín (Alemania). En su primer año se convirtió en la primera línea telegráfica de gran distancia en Europa, contando con una distancia total de unos 670 kilómetros.

A finales del siglo XIX se comenzó a construir Siemensstadt, una localidad ubicada en Berlín donde los empleados de la empresa vivían. En 1903 se funda Siemens-Schuckertwerke, en 1919 Osram GmbH y en 1932 Siemens-Reiniger-Werke AG.

A partir del año 1966 Siemens & Halske, Siemens-Reiniger-Werke AG y Siemens-Schuckertwerke se unieron, formando lo que hoy en día conocemos como Siemens AG.

### 3.2.3. ABB

ABB es una empresa multinacional tecnológica suiza con sede central en Zúrich que se dedica a la fabricación de quipos y sistemas de automatización, generación de energía eléctrica, motores, robots, equipamientos industriales, movilidad y otras tecnologías.

ABB, acrónimo de Asea Brown Boveri, surgió en 1988 como resultado de la unión empresarial entre la empresa sueca ASEA y el grupo suizo Brown, Boveri & Cie (BBC).

ABB es un líder mundial en robótica, ofreciendo una amplia gama de robots con diversas aplicaciones:

- Robots articulados: La amplia gama de robots articulados de 6 ejes de ABB ofrece un conjunto de soluciones ideales para aplicaciones tales como la manipulación de materiales, alimentación de máquinas, soldadura por puntos, soldadura por arco, corte, ensamblaje, pruebas, inspección, etc.
- Robots colaborativos: Los robots colaborativos de ABB están hechos para una amplia gama de tareas. Son fáciles de configurar, programar, manejar y escalar.
- Robots de pintura, Delta y SCARA: ABB también ofrece robots de pintura, robots Delta; para tareas de alta velocidad y robots SCARA; para tareas de montaje de alta precisión.

## 4. DESARROLLO

### 4.1. ESTADO DEL ARTE

#### 4.1.1. *Proceso y funcionamiento de la célula de corte*

Lo primero que debemos saber es qué es una célula robotizada. Una célula robotizada es un conjunto de máquinas que se organizan dentro de una célula de automatización industrial en la que se instalan uno o varios robots programados, los cuales se encargan de maximizar la producción y agilizar el proceso.



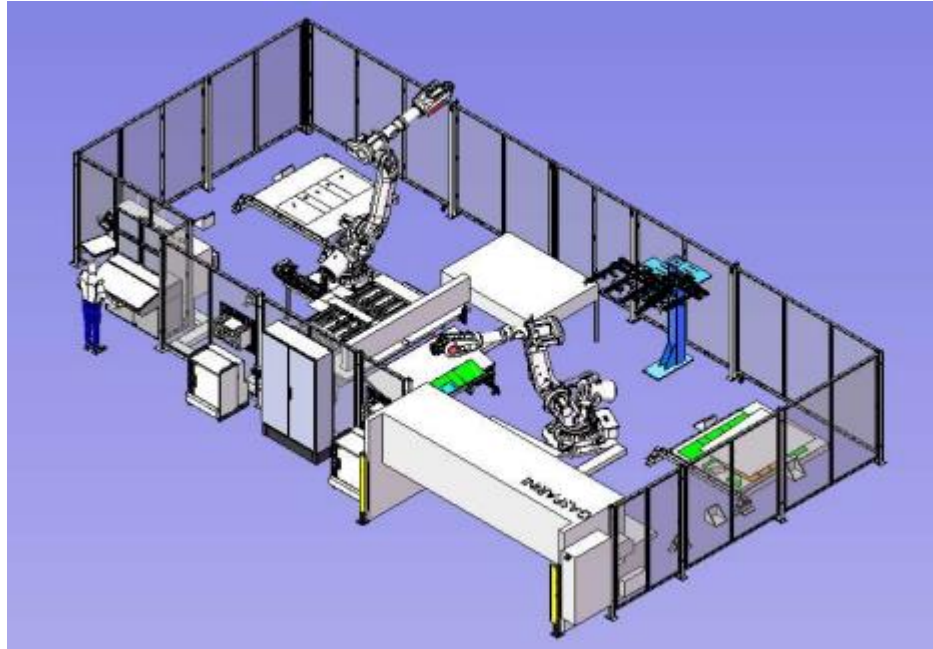
*Ilustración 1. Robot articulado*

Gracias a la automatización del conjunto obtenemos como producto unas chapas metálicas previamente soldadas que serán empleadas para la fabricación de automóviles de diferentes marcas tales como Mercedes, Opel o Renault.

##### 4.1.1.1. Información genérica del proceso

La finalidad de este proceso es la de agilizar la producción de las chapas. Esto se consigue soldando las partes previamente y después procediendo con el corte, ya que es mucho más eficaz que soldar

pequeñas chapas una tras otra debido a que los tiempos de soldadura son mayores que los de corte de chapa.



*Ilustración 2. Imagen 3D del proceso industrial*

En términos globales, podemos observar que la industrialización está compuesta por:

- Zona de entrada de material (1): zona donde se introducirá el palet con la materia prima. Cuenta con unos topes que permiten el centrado de los palets.
- Zona de salida de material (2): ubicación del palet con las chapas procesadas listo para llevar al almacén y posteriormente al cliente.
- Mesa de medición (3): donde se comprueban los diferentes espesores de la chapa a cortar y el correcto orden de estos.
- Mesa inclinada (4): mesa intermedia que sirve para colocar con precisión la chapa en el tooling del Robot1 o Robot2 dependiendo de si va a ser cortada en la cizalla Accurshear o en la Gasparini.
- Mesa de cepillos y empujador (5): lugar donde el robot deja la chapa. A continuación, el empujador la lleva hasta unos topes, una vez se ha hecho el tope el empujador avanza a pasos regulares hacia la cizalla.

- Cizalla Accurshear (6): guillotina que corta las chapas.
- Gasparini (7): modificación que se añadió al proceso para perfeccionar el canto laser de las chapas. En este TFG no se profundizará en su uso.
- Robots ABB 6700 (8): robots con 6 ejes empleados para manipular las chapas.
- Mesa de salida de la cizalla (9): mesa por donde deslizan las chapas al salir de la cizalla Accurshear hasta unos topes para posteriormente ser centradas y recogidas por el Robot2.
- Docking para cambio de manos de robot (10): estación donde se hará el cambio automático de toolings. Cuenta con un sistema de seguridad que certifica que el robot se encuentra físicamente en una de las posiciones de cambio.
- Puesto de control (11): pupitre con pantallas, teléfono, impresora, etc. que permite controlar el proceso.

Con el fin de conocer la distribución de las diferentes partes de la postcutting, se ha realizado un layout con los números que corresponden a los componentes con el fin de facilitar el entendimiento del proceso:

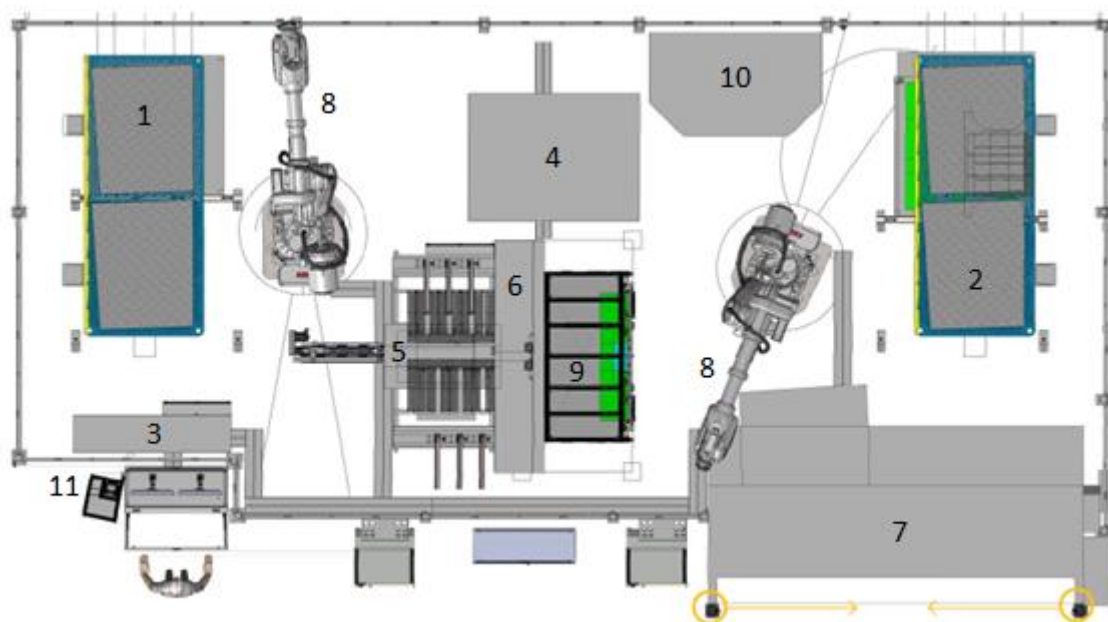


Ilustración 3. Layout de la postcutting

Para poder obtener el resultado que buscamos se precisa de una serie de máquinas y procesos, los cuales se han dividido en una serie de fases para poder explicar y entenderlo de la forma más clara y sencilla posible. Las fases en cuestión son las siguientes:

- Entrada de palé
- Primera fase
- Segunda fase
- Tercera fase
- Salida de palé

#### 4.1.1.2. Entrada de palé

Lo primero de todo es introducir la materia prima, en este caso serán chapas apiladas en palets provenientes de las líneas de soldadura por láser. Para ello la persona encargada de logística empleará una carretilla frontal elevadora para recoger el palet del almacén y llevarlo a la entrada de la postcutting.

Cuando el operario se encuentra en la entrada procederá a depositar el palet en unos posicionadores especiales para centrarlo y dejarlo completamente fijo. Cuando el palet está en su sitio, el operario deberá rearmar el sistema de seguridad de la puerta una vez salga por ella para que la línea pueda operar.





*Ilustración 4. Foto de los posicionadores*

Una vez introducido el palet con las chapas, el operario de turno encargado de la postcutting deberá introducir la referencia que corresponda con las chapas introducidas. También deberá introducir un offset en los ejes x e y después de medir manualmente la distancia de las chapas al borde del palet con el fin de evitar problemas debido a posibles errores de vacío o de apilado del orden de milímetros.

El operario de línea, según interese o se requiera, podrá habilitar o deshabilitar secuencias tales como; habilitar la mesa de medición; habilitar las mesas inclinadas de los robots 1 y 2; habilitar la mesa de cepillos y habilitar la Gasparini. Como norma general estarán activados automáticamente las opciones de habilitar mesa inclinada para el robot 1 y habilitar cepillos.

También se deberán colocar los posicionadores correspondientes de la referencia en cuestión en la mesa de gravedad para que las chapas queden centradas. De este proceso también se encarga el operario de la línea.





*Ilustración 5. Posicionadores mesa de gravedad*

#### 4.1.1.3. Primera fase

Después de haber introducido el palet con las chapas, cargar la referencia e introducir los offset, el operario debe cerciorarse de que todas las alarmas (puertas, palets, robots y setas de emergencia) estén validadas y/o cerradas y listas para la puesta en marcha.

Cuando el operario haya verificado las alarmas, procederá a la puesta en marcha. Los pasos a seguir para poner en marcha la máquina en modo automático son los siguientes:

- Pulsamos el botón "Confirmación de error" para rearmar la máquina. La luz roja dejará de parpadear.
- Pulsamos el botón "Preparación conectada". Se ilumina en color blanco.
- Pulsamos el botón "Máquina conectada". Se ilumina en color verde.
- Si fuera necesario, pulsamos el botón "Posición básica" en modo manual para colocar la máquina en posición de inicio. Se ilumina en color blanco.
- Giramos el selector a la posición "Automático".
- Pulsamos el botón "Arranque modo auto". Se ilumina en color verde.

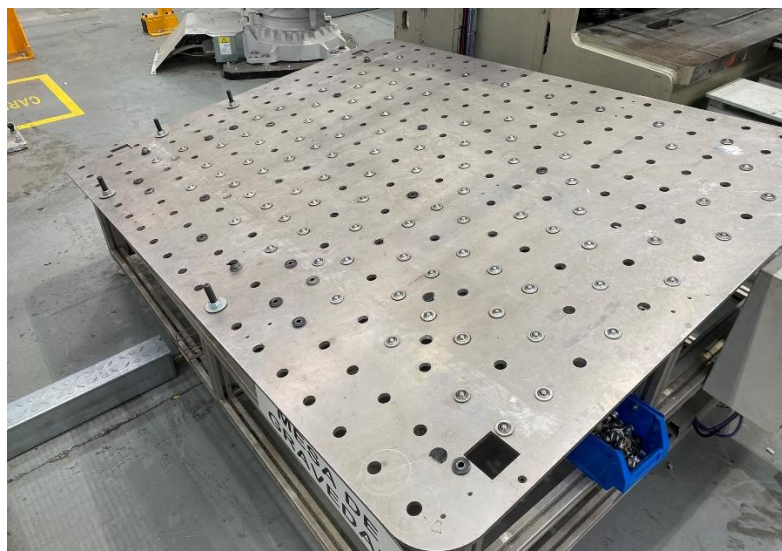
Tras estos pasos, la máquina comenzará a trabajar en modo automático.



*Ilustración 6. Botonería del puesto de control*

Una vez inicia esta primera fase del proceso, el Robot1, junto con el tooling específico de la referencia que se vaya a procesar, recoge las chapas de dos en dos del palet de entrada haciendo vacío con las ventosas del tooling. La presión de vacío activará una señal cuando dicho vacío ejerza un rango determinado de presión en los vacuostatos.

Después de tener las dos chapas fijas al tooling, el Robot1 procede a depositarlas en la mesa inclinada. Esta última es la mesa intermedia que sirve para colocar con precisión la pieza en la garra del Robot1 o del Robot2 dependiendo de si va a ser cortada en la guillotina Accurshear o en la Gasparini. Es una mesa metálica con una inclinación en el eje x de  $7'11^{\circ}$  y en el eje y de  $6'88^{\circ}$  que cuenta con unos topes intercambiables conductores (3 por pieza), los cuales cierran un circuito cuando la chapa hace contacto con ellos, mandando la señal de que la posición es correcta.



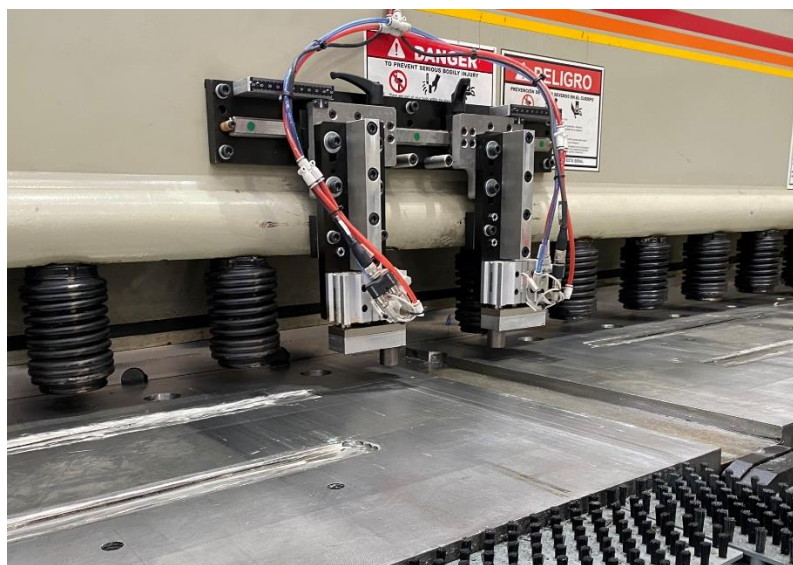
*Ilustración 7. Mesa inclinada*

El Robot1 libera las chapas en la mesa inclinada deslizándose por los rodamientos de esta. A la posición donde se liberan las chapas se les aplica un offset predefinido para evitar que las chapas excedan los límites de los topes y caigan al suelo.

Una vez la chapa está perfectamente centrada, el Robot1 procede a recogerla haciendo vacío para posteriormente llevarla a la mesa de cepillos.

#### 4.1.1.4. Segunda fase

La segunda fase comienza cuando la chapa entra en la mesa de cepillos y el sistema de avance entra en acción. El empujador hace avanzar la chapa hasta que esta llega a unos topes frontales.



*Ilustración 8. Topes frontales*

Cuando la chapa llega a los topes frontales, el sistema de avance sigue activado hasta que detecta un par determinado, por lo que sabe que la chapa está perfectamente centrada y en la posición correcta. Una vez tenemos la chapa en la posición correcta, el sistema de avance procede a sujetar la chapa gracias a unos cilindros neumáticos. Con la chapa fijada, el sistema procede con el avance controlado a pasos regulares (gracias a un servo motor que controla la posición) hacia la cizalla hidráulica Accurshear, donde cortará la chapa según las medidas especificadas en la referencia.



#### 4.1.1.5. Tercera fase

Una vez se ha cortado la chapa, sale de la cizalla Accurshear por la parte posterior y procede a caer por una mesa inclinada, donde se desliza hasta un tope final gracias a la acción de la gravedad. Posteriormente actúan unos cilindros posicionadores, los cuales centran dicho material con el fin de obtener un apilado óptimo.



*Ilustración 9. Mesa inclinada y cilindros posicionadores*

Cuando los cilindros posicionadores detectan un par determinado dejan de avanzar y mandan la señal de que la chapa está centrada correctamente. A continuación, el Robot2 avanza para recoger la chapa haciendo vacío cuando hace contacto con ella, liberando la acción de los cilindros posicionadores y llevándose el material para apilarlo.

#### 4.1.1.6. Salida de palet

Una vez el Robot2 ha finalizado de apilar las chapas de la referencia en cuestión se procede a la extracción del palet. El operario de logística ingresa en la salida del proceso para recoger el palet con la ayuda de una carretilla frontal elevadora.



*Ilustración 10. Palet en proceso de llenado*

Una vez el palet se lleva al almacén para su posterior distribución, se rearma el sistema de seguridad de la puerta de salida para poder continuar con el proceso de la postcutting.

#### **4.1.2. Sensores**

Se denomina sensor a todo dispositivo capaz de transformar señales físicas (temperatura, posición, longitud, etc.) en señales eléctricas, por lo que puede detectar o indicar una condición de cambio (ausencia o presencia). Es uno de los componentes fundamentales de los sistemas modernos de adquisición de datos, estando presentes en la mayoría de las empresas.

Cuando un sensor recibe una condición de cambio recibe una variable física, la cual el sensor es capaz de convertir en una señal eléctrica. Posteriormente, gracias a un circuito electrónico de acondicionamiento de señal, se convierte dicha señal eléctrica en una señal eléctrica normalizada.

En la teoría, un sensor ideal es aquel que responde perfectamente a la magnitud que se está midiendo, sin errores ni desviaciones, suministrando una señal exactamente proporcional a la magnitud, obviando la amplitud, forma de variación y condiciones externas ambientales. La forma de representar gráficamente la función de transferencia de un sensor ideal es con una línea recta cuya pendiente es la sensibilidad que posee el transductor.

Sin embargo, en la realidad, los sensores presentan ciertas imperfecciones debido a factores como las condiciones ambientales, la calidad de los materiales, la precisión de la fabricación, etc. De esta forma el gráfico de un sensor real dista mucho del de uno ideal, pasando de ser rectilíneo a exponencial.

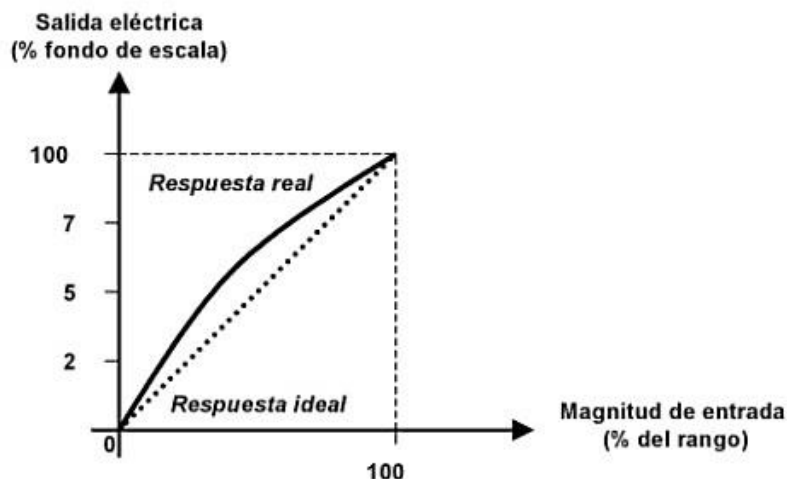


Figura 1. Curva de calibración de un sensor:

*Ilustración 11. Imagen sensor ideal/real*

Los sensores precisan de una calibración para poder aumentar el rendimiento, la funcionalidad y la precisión del sistema. Un sensor puede perder su precisión debido a altas temperaturas condiciones de humedad elevadas, golpes externos, etc., traduciéndose en un error en la medición. EL calibrado de los sensores desempeña un papel crucial en la eliminación de errores, proporcionando resultados fidedignos. A la hora de calibrar un sensor deberemos ajustar los valores de salida teniendo como referencia valores conocidos.

Podemos clasificar los sensores según varios criterios:

- Según la información:
  - Discreto
  - Continuo
- Según el tipo de señal:
  - Digital
  - Analógico
- Según su principio físico:

- Capacitivo
- Inductivo
- Resistivo
- Piezoeléctrico
- Ultrasónico
- Ópticos
- Magnéticos
- Según la magnitud a medir:
  - Presencia
  - Posición
  - Velocidad
  - Presión
  - Nivel
  - Fuerza

#### 4.1.2.1. Características de los sensores

Los sensores industriales precisan de una fuente de alimentación eléctrica para su funcionamiento. La gran mayoría de los sensores se alimentan corriente continua (DC) de tensiones bajas. Este voltaje puede variar entre unos pocos voltios hasta cientos de ellos dependiendo del tipo de sensor y su aplicación específica. Por lo general, los sensores operan en tensiones de 24 voltios.

Existen distintas formas de alimentar los sensores dependiendo del tipo de conexión eléctrica que poseen. Algunos están conectados a una fuente de alimentación directamente, mientras que otros requieren de un circuito de acondicionamiento de señal para poder adaptar la señal eléctrica a las características precisadas por el sistema de control.

##### 4.1.2.1.1. Características estáticas

Entendemos por características estáticas aquellas que describen el comportamiento del sensor cuando las variables tienen cambios en

largos periodos de tiempo o en cambios rápidos, pero con unas variaciones demasiado pequeñas. Dentro de las principales características estáticas encontramos:

- Sensibilidad: variación de la señal de salida por unidad respecto a la magnitud de entrada. El sensor es más sensible cuánto mayor es la variación de la señal de salida producida por una variación en la señal de entrada.
- Resolución: indica la capacidad del sensor para discernir entre valores muy próximos de la variable de entrada.
- Umbral: nivel mínimo de señal que el sensor es capaz de detectar.
- Exactitud: hace referencia a cuán cerca del valor verdadero se encuentra el valor medio.
- Precisión: variación máxima entre la salida real obtenida y la salida teórica para el sensor.
- Repetitividad: indica la máxima variación entre los valores de salida obtenidos en mediciones.
- Linealidad: proporcionalidad que relaciona los incrementos de señal de salida con los incrementos de señal de entrada.
- Rango de medida: conjunto de valores que puede tomar la señal de entrada comprendido entre los valores máximos y mínimos detectados por el sensor.
- Ruido: perturbaciones aleatorias del propio sistema de medida que pueden afectar a la señal que se quiere medir.

#### 4.1.2.1.2. Características dinámicas

Las características dinámicas de los sensores surgen cuando una medida se modifica de manera brusca de un valor a otro. Dentro de las características dinámicas encontramos:

- Velocidad de respuesta: tiempo que transcurre desde que se detecta un estímulo en la entrada hasta el cambio de estado en la salida.
- Estabilidad: indica la desviación en la salida del sensor respecto a los valores reales obtenidos contra los teóricos.



- Respuesta frecuencial: capacidad para responder ante las variaciones de frecuencia de la señal de entrada.
- Error dinámico: error que se produce hasta que hay una respuesta estable de la señal.

#### 4.1.2.1.3. Características eléctricas

Encontramos dos tipos en función de la corriente del tipo de salida y el tipo de conexión que utiliza.

Según el tipo de salida encontramos principalmente con salida a relé de tipo NA o NC, con salida a transistor con colector abierto o con salida a triac operando en corriente alterna.

Respecto al tipo de conexión que emplean podemos encontrar a dos o tres hilos, ambos operando en corriente alterna y corriente continua.

#### 4.1.2.2. Tipos de sensores

##### 4.1.2.2.1. Sensores capacitivos

Los sensores capacitivos pueden detectar materiales aislantes y conductores, por lo que pueden detectar todo tipo de materiales. También son capaces de detectar la presión, el flujo, el espacio, nivel de líquido, etc.

Este tipo de sensor consta de un condensador, el cual forma parte de un circuito resonador, que genera un campo eléctrico. Cuando un objeto entra en dicho campo cambia el dieléctrico y la frecuencia de resonancia, permitiendo al sensor es detectar una señal gracias a esta perturbación en el campo eléctrico.

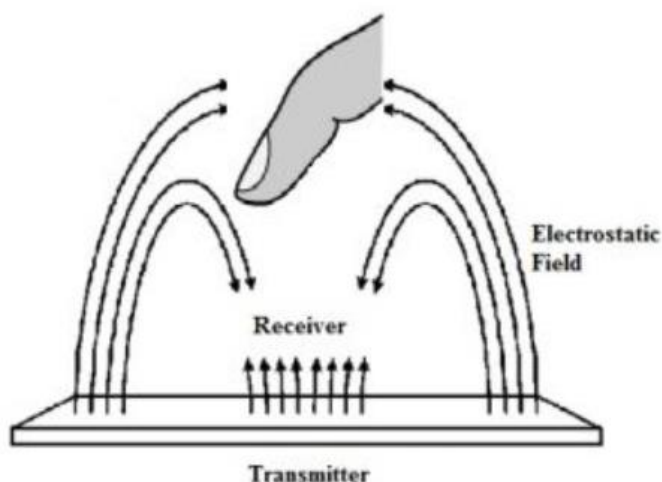


Ilustración 12. Funcionamiento sensor capacitivo

Los sensores capacitivos constan de dos placas metálicas que están separadas por una distancia "d" y un área "A". Por tanto, el índice de capacitancia "C" entre las dos terminales puede darse mediante la siguiente expresión.

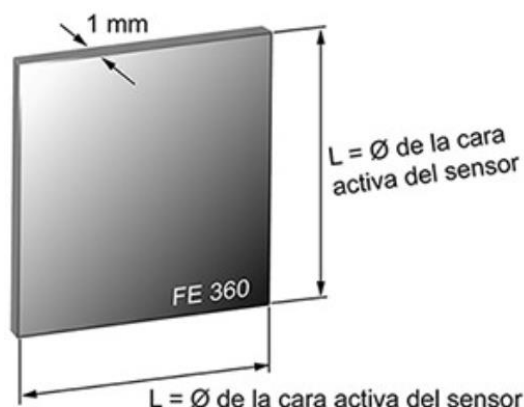
$$C = \varepsilon_0 * \varepsilon_r * \frac{A}{h}$$

Siendo:

- C: capacidad dentro de Faradays.
- $\varepsilon_0$ : constante dieléctrica del espacio libre.
- $\varepsilon_r$ : constante dieléctrica relativa del aislante.
- A: área de superposición de dos placas.
- h: Anchura del hueco entre dos placas.

Los sensores capacitivos pueden detectar objetos a distancias cortas cualquier tipo de material, siendo distancias variables que vendrán en función del tamaño del sensor y del tipo de material el cual detectan.

Para poder estandarizar una medida y que todos los fabricantes la puedan exponer en sus tablas de características se decidió crear una pieza de referencia metálica para tomarla como patrón de referencia. Dicha referencia se conoce como banderola estándar, la cual está hecha de acero Fe360 y tiene 1 mm de espesor. La altura y anchura están directamente relacionadas con la cara activa del sensor, ya que ambas dimensiones son equivalentes a la misma, existiendo una relación directa.



*Ilustración 13. Banderola estándar (Sensores y detectores industriales, Pedro Huerta)*

#### 4.1.2.2.2. Sensores inductivos

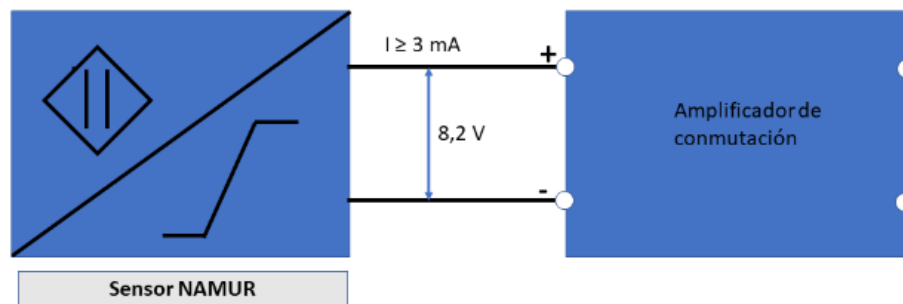
Los sensores inductivos se emplean para la detección de metales ferromagnéticos sin la necesidad del contacto físico gracias a la detección de variaciones en el campo magnético. Poseen alta fiabilidad, respuesta rápida, no se ven afectados por la suciedad y cuentan con una gran durabilidad y resistencia.

El funcionamiento de este tipo de sensores se basa en su constitución. Cuenta con una bobina donde se induce un campo magnético al energizar el sensor con una fuente de alimentación. La aparición de un objeto metálico genera que la bobina interactúe con el objeto metálico, lo que induce a corrientes eléctricas en este último. Cuando se detecta un cambio un cambio significativo en el campo magnético obtenemos como resultado la activación de una salida eléctrica.

#### 4.1.2.2.3. Sensores tipo NAMUR

Los sensores NAMUR, también conocidos como sensores de seguridad o sensores a prueba de explosión, son un tipo de sensor de proximidad que no produce chispa durante se accionamiento. Son empleados en procesos donde existe un elevado riesgo de incendio o explosión por la combustión de un material o gas.

Son sensores de dos hilos en vez de los tres típicos que representan el estado de conmutación mediante valores de corriente específicos. Suelen estar conectados a amplificadores de conmutación aislados que interpretan los valores de corriente del sensor NAMUR, convirtiéndolos en salidas de conmutación discretas.

*Ilustración 14. Sensor NAMUR*

Este tipo de sensores vienen marcados con una "N" en la designación de tipo para hacer que su identificación sea más sencilla. También suelen ser de un color amarillo anaranjado para que sean más distintivos.

#### 4.1.2.2.4. Finales de carrera

Los finales de carrera, también conocidos como sensor de contacto o limit switch, son dispositivos que se encargan de detectar presencia, ausencia, paso y posicionamiento de objetos en un punto en concreto gracias a la transformación de un movimiento mecánico en una señal eléctrica.

Tiene un funcionamiento sencillo ya que, cuando un objeto entra en contacto con el actuador, el dispositivo acciona los contactos para conectar o desconectar una conexión eléctrica, basándose en un contacto eléctrico convencional. Consta de una palanca que se activa por contacto con el objeto

Son interruptores que se colocan en lugares estratégicos de la carrera de un elemento móvil para conocer la posición.

#### 4.1.2.2.5. Sensores fotoeléctricos

Los sensores fotoeléctricos son sensores que emplean la luz para detectar la presencia o ausencia de un objeto. Este tipo de sensor emite una fuente de luz, normalmente luz infrarroja o láser, que se refleja en u objeto y detecta así su presencia.

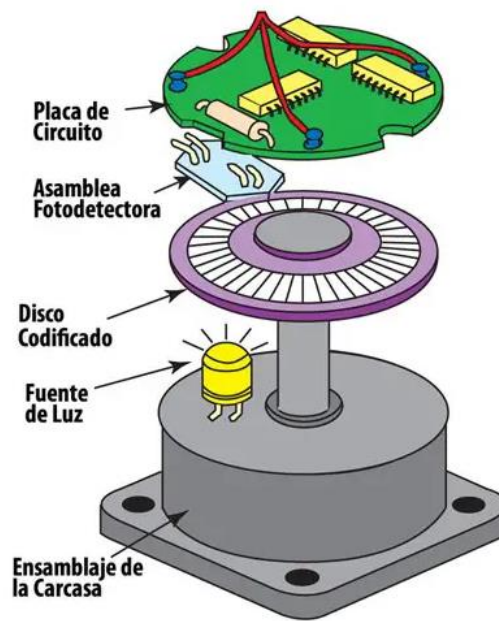
Encontramos varios tipos de sensores fotoeléctricos:

- Sensores fotoeléctricos de reflexión de luz: también conocidos como sensores fotoeléctricos reflectivos, son dispositivos electrónicos que responden a cambios en la intensidad de luz, la cual se refleja en el objeto gracias a un catadióptico.
- Sensores de fotocélula autoreflexiva: este tipo de sensor posee un emisor y receptor de luz. El emisor genera un haz de luz que incide sobre el objeto a detectar y es reflejada, siendo el receptor el encargado de captar esta luz reflejada.
- Fotocélula de barrera: sensores que emiten luz y detectan cuando el objeto en cuestión interrumpe la trayectoria del haz.
- Sensores fotoeléctricos de fotocélula con fibra óptica: son un tipo de sensor que emplea la emisión de luz por parte de un receptor a través de un cable flexible de fibra óptica el cual es detectado por un receptor. Dicho receptor es el encargado de detectar cuando un objeto interrumpe la luz que pasa por el cable de fibra óptica.

#### 4.1.2.2.6. Encoder

Es un elemento electromecánico basado en la detección de señales de luz a través de un disco o regla móvil. Este disco tiene zonas transparentes y zonas opacas las cuales proporcionan información sobre la velocidad, el ángulo y la posición de la pieza a la que va adjunto.

El encoder cuenta con un eje rotativo que va unido al disco con partes transparentes y opacas. Entre ambas partes encontramos un emisor de luz infrarroja, el cual emite un haz de luz que es interceptado por el disco, permitiendo que pase o bloquee dicho haz, formando una secuencia. Posteriormente la secuencia será transformada en una señal eléctrica gracias a la actuación de un sensor óptico o fotorreceptor.



*Ilustración 15. Funcionamiento de encoder*

Encontramos dos tipos de encoder según la forma en la que establecen la posición del objeto:

- Encoder de detección incremental: este tipo de encoder consta de dos anillos concéntricos equidistantes con un desfase. Cuando el sensor gira se producen dos señales desfasadas de  $\pm 90^\circ$ . El sentido de giro lo conoceremos gracias al signo que tenga el desfase. Para la primera sincronización se dispone de una tercera señal de referencia, la cual emitirá un pulso por vuelta.

La resolución de este tipo de encoder viene determinada por el número de líneas por vuelta que posee.

- Encoder de detección absoluta: la posición de este encoder se encuentra codificada en el disco en código Gray. Obtendremos mayor resolución cuanto mayor sea el número de pistas, aumentando así el tamaño del disco.

#### 4.1.2.2.7. Sensores de presión

Suelen estar basados en la deformación de un elemento elástico cuyo movimiento es detectado por un transductor, el cual convierte estos pequeños desplazamientos en señales eléctricas analógicas.

Pueden realizar mediciones de presión absolutas (respecto a una referencia) o medidas de presión relativa o diferencial (diferencias de presión entre dos puntos).

#### 4.1.2.2.8. Sensores de temperatura

Estos sensores nos permiten medir y detectar cambios de temperatura de un objeto o ambiente de forma rápida y precisa. Existen varios tipos de sensores de temperatura en el mercado, cada uno con sus propias características y métodos de medición, aunque todos se basan en la detección de un cambio físico en el material del sensor que varía con la temperatura.

Encontramos los siguientes tipos de sensores:

- Termostatos: son dispositivos que se emplean para mantener la temperatura de un proceso. Estos sensores conmutan a cierta temperatura y su funcionamiento está basado en interruptores bimetales o mediante sondas NTC o PTC y un comparador en la salida.
- Termorresistencias RTD: cuentan con una salida analógica y están basados en el cambio de resistencia en función de la temperatura.
- Termopares: están formados por dos hilos de distintos materiales unidos por un extremo, los cuales miden diferencias de temperatura entre los extremos y la unión de estos.
- Termistores (NTC y PTC): sensores que se basan en la variación de la resistividad que aparece en un semiconductor cuando varía la temperatura.
- Pirómetros: todos los objetos a temperatura por encima del cero absoluto emiten radiación electromagnética en función de su temperatura. El aumento de la cantidad de radiación electromagnética está ligado a un aumento de la temperatura. El funcionamiento de este tipo de sensores se encarga de medir dicha radiación, con un abanico de temperaturas muy amplio; desde los  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta los  $4000^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.1.2.2.9. Sensores magnéticos

Este tipo de sensores son mayoritariamente empleados en neumática para cilindros especiales, permitiendo detectar la posición de los pistones en los cilindros neumáticos. Encontramos dos tipos de sensores magnéticos:

- Tipo red (dos hilos): detector de laminas en posición normalmente abierto con cable para instalar o con conector.
- Tipo estado sólido (tres hilos): detector de laminas de contacto conmutado que puede emplearse en posición cerrada y abierta, con cable para instalar o con conector.

#### 4.1.2.2.10. Sensores ultrasónicos

Los sensores ultrasónicos son detectores de proximidad sin contacto mecánico que detectan objetos hasta una distancia de unos 8 metros.

El funcionamiento se basa en la emisión de pulsos ultrasónicos, que se reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en una señal eléctrica.

Este tipo de sensores únicamente pueden trabajar en el aire y con sonidos de frecuencias entre 20 Hz y 20KHz.

#### 4.1.2.2.11. Sensores piezoeléctricos

Este tipo de sensor suele estar formado por materiales cerámicos o cristales iónicos que, cuando son deformados debido a tensiones mecánicas, adquieren una polarización eléctrica y aparece una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie.

#### 4.1.2.2.12. Sensores de humedad

Los sensores de humedad son dispositivos que se utilizan para medir la cantidad de humedad presente en el aire o un material en particular. Estos sensores pueden detectar humedad relativa en el aire proporcionando una tensión en función de la dicha humedad.

Suelen estar alimentados a 5 V y tienen un rango de humedad que va desde 0-100% HR.

### 4.1.3. Actuadores



Un actuador es un dispositivo mecánico que recibe una entrada de energía y la convierte en movimiento o fuerza. Este tipo de herramientas reciben órdenes que vienen de un regulador o controlador con la intención de activar la salida del elemento en cuestión.

Los actuadores se emplean para controlar el movimiento de las máquinas en términos generales, viniendo en diferentes formas y tamaños y usando distintas fuentes de energía para lograr diferentes movimientos.

Es un componente esencial en muchas tecnologías modernas y campos de la ingeniería y son empleados para manejar aparatos mecatrónicos. Su modo de empleo dependerá del tipo de actuador que sea.

Según el movimiento del actuador podemos clasificarlos en lineal o rotativo. Los actuadores lineales producen un movimiento lineal, mientras que los actuadores rotativos producen un movimiento rotativo con una trayectoria circular.

- Actuadores lineales: los actuadores lineales son un tipo de actuador que se mueve en línea recta y está presente en casi todas las máquinas, equipos o dispositivos que requieran este tipo de movimiento. Utilizan una correa y polea, cremallera y piñón o husillo de bolas para convertir la rotación del motor eléctrico en un movimiento lineal. Suelen estar presentes en equipos hidráulicos y neumáticos, pudiendo ser eléctricos o neumáticos.

Este tipo de actuador se detiene a una distancia lineal fija y son conocidos por su elevada repetibilidad, su precisión a la hora de posicionar, la gran facilidad con la que se instalan, el bajo mantenimiento requerido y su alta resistencia a entornos adversos.

Suelen usarse en equipos mecánicos, industria de semiconductores, sistemas de monitorización, robótica, simuladores de vuelo, etc.

- Actuadores rotativos: los actuadores rotativos encargan de convertir la energía en un movimiento giratorio a través de un eje para controlar la velocidad, posición y rotación de los equipos. Este tipo de actuador tiene un uso muy versátil. Muchos actuadores rotativos funcionan con electricidad, aunque otros lo hacen con sistemas hidráulicos o neumáticos. Este tipo de actuador se suele emplear en equipos médicos, radares, sistemas de monitorización, fabricación de maquinaria especial, etc.

Encontramos varios tipos de actuadores: hidráulicos, neumáticos, eléctricos, magnéticos y térmicos, mecánicos, de polímero superenrollado, cada uno con unas ventajas e inconvenientes. El actuador empleado dependerá de los requisitos específicos como la fuerza o el tiempo de respuesta, para una aplicación determinada.

#### 4.1.3.1. Actuadores hidráulicos

Los actuadores hidráulicos emplean la presión de un fluido para generar el movimiento y otorgan altos niveles de fuerza, fiabilidad y durabilidad. Suelen crear movimientos lineales y cuentan con un resorte conectado a un extremo para el movimiento de retorno.

Es uno de los actuadores más comunes y antiguos y suelen emplearse en aplicaciones pesadas como equipos de construcción, maquinaria de fabricación y robots industriales.

#### 4.1.3.2. Actuadores neumáticos

Los actuadores neumáticos son una de las alternativas más fiables para mover máquinas. Se basan en la generación de gases comprimidos para generar el movimiento mecánico. Son actuadores altamente precisos y capaces de generar altos niveles de fuerza, por lo que muchas empresas optan por escoger este tipo de actuador.

Algunas de las aplicaciones para actuadores neumáticos son en lo siguientes equipos:

- Máquinas de ejercicios
- Frenos de automóviles pesados
- Sensores de presión
- Motores de paletas
- Sistemas neumáticos para envío de correo

#### 4.1.3.3. Actuadores eléctricos

Los actuadores eléctricos dependen de la electricidad para operar, requiriendo también el uso de controladores encargados de nivelar los pases de energía de un circuito a otro con el fin de poder entablar una

mayor cantidad posible de funciones y trabajos. Son empleados en máquinas mecatrónicas, combinando diferentes fuentes de energía, y producen un movimiento preciso al igual que los actuadores neumáticos. Se emplean en coches eléctricos, equipos de fabricación, robótica, etc.



*Ilustración 16. Actuador eléctrico*

Encontramos dos tipos de actuadores eléctricos:

- Actuadores electromagnéticos: este tipo de actuadores transforman las señales eléctricas en un movimiento giratorio, lineal, o una combinación de ambos.
- Actuadores electrohidráulicos: estos actuadores operan con un acumulador hidráulico donde la batería, que generalmente se usa en equipos industriales pesados, es la que proporciona energía para moverse.

#### 4.1.3.4. Actuador térmico

Un actuador térmico es uno de los pocos aparatos que no necesita una fuente de energía externa para moverse. En un sistema de actuador térmico, los cambios de temperatura se pueden usar para hacer ciertas cosas, como soltar cierres, manejar interruptores y abrir o cerrar válvulas. Estos aparatos son muy sensibles y se pueden usar para cosas que necesitan actuación incluso con cambios de temperatura muy pequeños.

Los materiales termosensibles que se emplean en un actuador térmico reaccionan a las fluctuaciones de temperatura, lo que hace que el componente del pistón del actuador se mueva. Estos materiales están

diseñados para expandirse a medida que aumentan las temperaturas, expulsando un pistón del actuador. Cuando un actuador térmico se expone a descensos de temperatura, los materiales termosensibles se contraen, lo que permite que el pistón del dispositivo se retraiga.

La carrera se refiere a la distancia que recorre un pistón hacia afuera desde un actuador. Muchos de los actuadores térmicos más comunes cuentan con pistones que pueden extenderse entre 0.015 pulgadas (0.381 milímetros) y 0.500 pulgadas (12.7 milímetros). La mayoría de los actuadores térmicos están hechos para reaccionar a temperaturas entre 30°C y 300°C.

#### 4.1.3.5. Actuador magnético

El principio básico de funcionamiento de un actuador magnético radica en la ley de la inducción electromagnética de Faraday y la ley de Ampère. Cuando la corriente eléctrica pasa a través de una bobina, genera un campo magnético. Este campo magnético puede interactuar con un objeto magnético o magnetizado para producir un movimiento.

- Inducción Electromagnética: Según la ley de Faraday, cuando un conductor se mueve a través de un campo magnético o está sujeto a un cambio en el campo magnético, se induce una corriente eléctrica en el conductor.
- Ley de Ampère: Esta ley, por otro lado, establece que el campo magnético generado alrededor de un conductor es proporcional a la corriente que pasa a través del conductor.

Existen varios tipos de actuadores magnéticos, y su clasificación depende de varias características, tales como el tipo de movimiento que producen (lineal o rotatorio), su principio de funcionamiento (permanente, electromagnético, etc.) o la aplicación para la que están diseñados. Algunos de los tipos más comunes incluyen:

- Actuadores de Imán Permanente: Utilizan imanes permanentes en lugar de una bobina cargada para crear el campo magnético. El movimiento se genera cuando se aplica una corriente eléctrica.

- Actuadores Electromagnéticos: Utilizan una bobina cargada para generar el campo magnético, lo que permite un mayor control sobre el movimiento generado.
- Actuadores de Inducción: Utilizan un rotor conductivo y un estator electromagnético para generar movimiento rotatorio.

#### 4.1.3.6. Actuadores mecánicos

Un actuador mecánico es un aparato que convierte una fuente de energía controlable a distancia en un movimiento de trabajo con la potencia, la dirección y el alcance adecuados para la activación necesaria. Las fuentes de energía más habituales son la electricidad, la hidráulica y la neumática.

La fuente de alimentación del actuador se puede accionar manualmente o encender o apagar mediante un sistema automatizado. Como muchos actuadores mecánicos operan de forma totalmente independiente de la intervención del operador, la mayoría cuenta con varios mecanismos de seguridad para prevenir sobrecargas y daños relacionados con el actuador o el sistema.

Se emplean varios mecanismos internos para convertir la entrada de la fuente de alimentación en una salida de trabajo. En el caso de los actuadores impulsados eléctricamente, estos incluyen sistemas de engranajes, husillos roscados y transmisiones por cadena o correa. Las variantes de actuadores mecánicos hidráulicos o neumáticos suelen tener mecanismos de álabes o pistones retenidos que generan su movimiento de actuación.

Estos actuadores suelen ser los tipos más potentes y la mayoría de las veces se usan en mecanismos con demandas de par alto. Los actuadores rotativos hidráulicos o neumáticos también tienen limitado su alcance de movimiento, por lo general solo producen una vuelta completa o menos, lo que los hace perfectos para el accionamiento de válvulas grandes de un cuarto de vuelta.

#### 4.1.4. Toolings

Los denominados toolings son las herramientas con las que los robots articulados operan para recoger las chapas gracias a la acción neumática de las ventosas.

Están formados por perfiles de aluminio Item; varios módulos bidireccionales; una placa de conexiones eléctricas y neumática; numerosas ventosas las cuales dependen de la referencia y tamaño de la chapa y un detector de colisión para evitar posibles riesgos.



*Ilustración 17. Tooling Robot1*

Las ventosas de vacío empleadas en los toolings son del fabricante Piab y cuentan con un solo labio, ya que se precisa una ventosa con buenas características para superficies planas y cubiertas de aceite.

Estas ventosas son capaces de soportar grandes fuerzas de aceleración en dirección horizontal y cuentan con unos refuerzos interiores que impiden que los objetos sean deformados.



*Ilustración 18. Ventosa de vacío*



### 4.1.5. Sistemas de control

En el mundo de la automatización y el control de procesos industriales no existiría de no ser por la presencia de los sistemas de control. Su importancia radica en un manejo eficiente, preciso y seguro de multitud de operaciones.

Los sistemas de control son una serie de mecanismos que buscan dirigir o manejar el funcionamiento adecuado de otros sistemas, cumpliendo dicha función mediante la constante supervisión de la operatividad real contra los valores deseados previamente designados para dicha actividad. Encontramos varios tipos de sistemas, tales como sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, informáticos y biológicos.

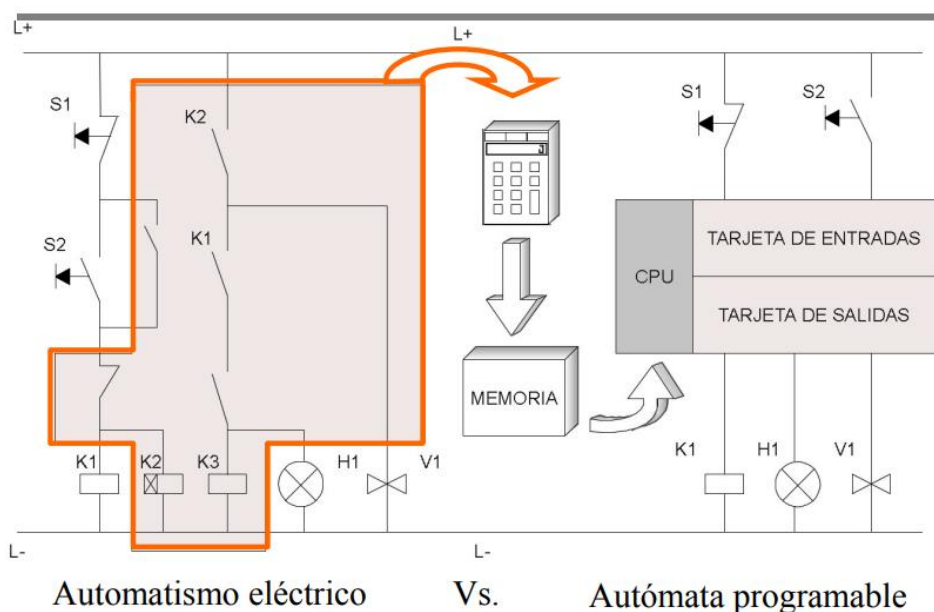
Un sistema de control consta típicamente de varios elementos los cuales trabajan juntos con el fin de controlar un sistema. Podemos encontrar los siguientes:

- Controlador: es el sistema central el cual recibe la señal de entrada del sensor y la compara con un valor previamente definido para determinar qué acción correctiva ha de aplicar para mantener el proceso en el estado deseado.
- Sensor: dispositivos que detectan cambios en variables físicas tales como presión, distancia o temperatura. Convierten dicha señal en una señal eléctrica o electrónica la cual puede ser interpretada para posteriormente poder controlar el proceso.
- Actuador: dispositivos que convierten una señal eléctrica o electrónica, energía hidráulica o neumática en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.
- Comunicación: forma en la que los diferentes elementos del sistema de control se comunican entre sí. Encontramos señales eléctricas, inalámbricas, redes de comunicación, etc.
- Fuentes de alimentación: dispositivo que proporciona la energía necesaria para alimentar los diferentes componentes que se encuentran en el sistema de control.
- Interfaz de usuario: interfaz que permite a los operarios interactuar con el sistema de control de forma sencilla, pudiendo realizar configuraciones, monitorear acciones o ajustar variables.

Todos los elementos trabajan conjuntamente para controlar el proceso o sistema y mantenerlo en un estado deseado.

Previo a la aparición de la lógica programada, los sistemas de control solían basarse en la lógica cableada, donde encontrábamos numerosos cables y contactos eléctricos para unir los distintos circuitos eléctricos y así controlar el proceso en cuestión. Esto podía ser un conllevar problemas por la dificultad para realizar cambios, posibles roturas de cables, pérdidas de referencias de la circuitería o la dificultad de mantener y comprender debido a la gran cantidad de cables.

De esta manera, la lógica programada permitió diseñar sistemas de control mucho más sofisticados empleando software, pudiendo prescindir de conexiones manuales y numerosos cables.



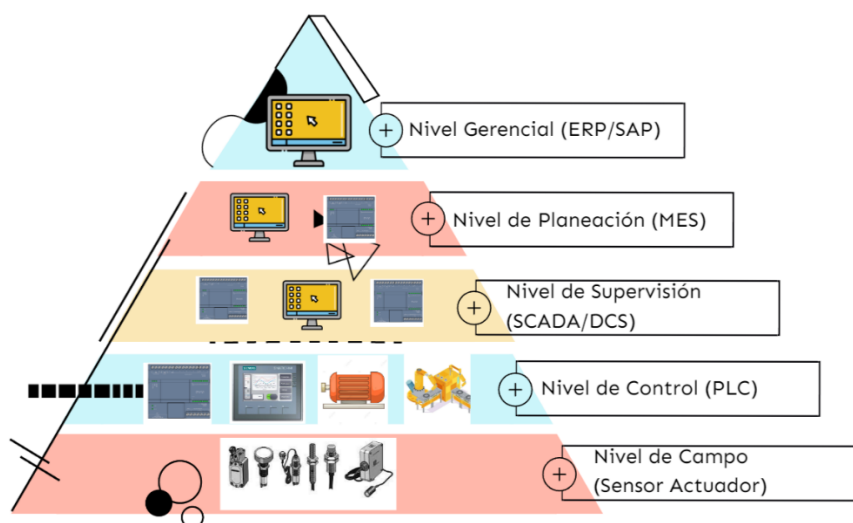
*Ilustración 19. Automatismo eléctrico vs automatismo programable*

#### 4.1.5.1. Jerarquía de un sistema de control

A nivel general podemos definir los sistemas de control basándonos en una jerarquía de los dispositivos en un sistema automatizado. Aunque el flujo de información entre los componentes es muy robusto,



solo permite la adquisición de la información más relevante en un nivel superior.



*Ilustración 20. Pirámide de la automatización industrial*

En el nivel de campo encontramos la interacción de los diferentes actuadores, sensores, módulos de entradas y salidas, periferia descentralizada, etc. que forman parte de un proceso. Los datos son modificados en tiempo real.

El nivel de control está formado por autómatas programables o equipos de aplicación específica basados en microprocesador como robots o controladores. Coordina sensores y actuadores mediante el uso de los PLC, microcontroladores, controladores automáticos, etc.

El siguiente nivel sería el de supervisión, donde podemos visualizar cómo se están llevando a cabo los diferentes procesos de la planta gracias a entornos SCADA. Con este tipo de entornos obtenemos una imagen virtual de la planta.

En el nivel de planeación encontramos elementos como sistemas de ejecución de fabricación o sistemas de gestión de operaciones de fabricación. Los sistemas están dedicados al seguimiento de las tareas, realizándolos con el objetivo de cumplir con los planes de la producción.

Por último, en el nivel de gerencia se gestionan todos los elementos que componen un proceso. Desde el aprovisionamiento, la cantidad de producto retenido o la información contable. Juega un papel crucial ya que es quien lleva los registros de los elementos que forman toda la pirámide, como su disponibilidad, mantenimiento predictivo y correctivo, repuestos, etc.

### 4.1.5.2. PLC Siemens

Siemens es una compañía global alemana que fue establecida en 1847. Opera en más de 200 países y emplea a más de 300,000 personas. La empresa se especializa en la producción y comercialización de una extensa gama de productos y servicios, que incluyen equipos y sistemas de automatización industrial, dispositivos de energía, equipos médicos y de diagnóstico, soluciones de transporte y sistemas de comunicación.

SIMATIC es una línea de productos de automatización industrial creada por Siemens. Esta línea abarca controladores programables, interfaces de usuario, software de programación y otros dispositivos que se utilizan en la automatización de procesos industriales.

Los controladores programables son aparatos electrónicos diseñados para automatizar procesos industriales, controlar maquinarias y equipos, y recopilar y procesar datos. Las interfaces de usuario permiten la interacción del operador con el sistema de automatización y pueden incluir pantallas táctiles, teclados y otros dispositivos que facilitan la visualización y el control de los procesos industriales. El software de programación es un conjunto de herramientas utilizado para programar y configurar tanto los controladores programables como las interfaces de usuario.

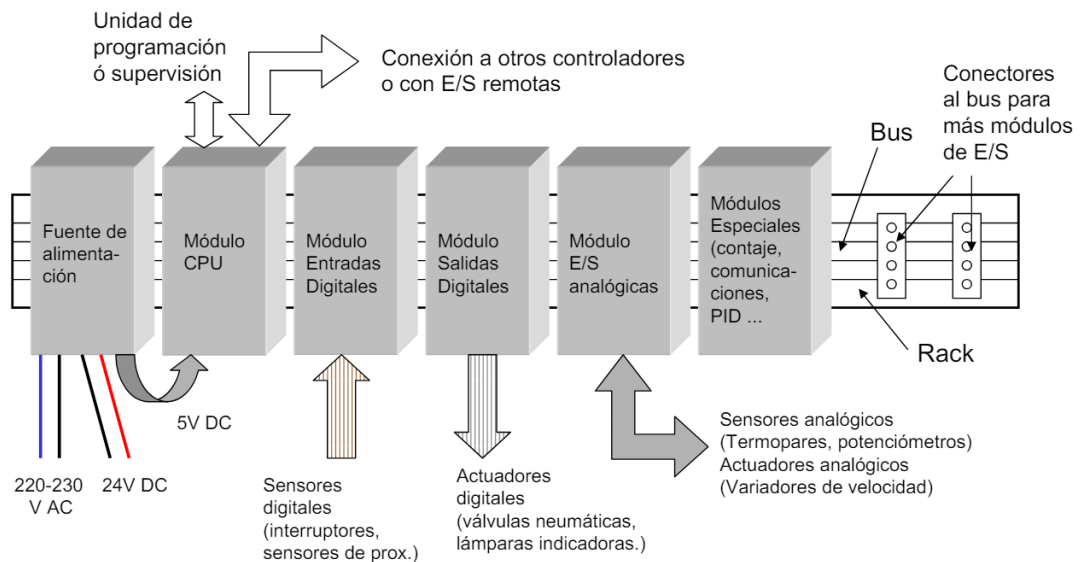
#### 4.1.5.2.1. Arquitectura de un autómeta

Las estaciones de trabajo PLC son dispositivos que emplean los sistemas de control industriales con el fin de automatizar procesos y maquinaria.

Están diseñados para permitir que los operarios puedan monitorear el sistema en cuestión de la manera más eficiente posible para lograr una mayor productividad y automatización de los procesos. Estos componentes deben incluir:

- CPU: la CPU es el cerebro del PLC. Es responsable de ejecutar el programa de control cargado por el personal.
- Módulos de entradas y salidas: permiten que exista comunicación entre la estación de trabajo y los sensores y actuadores del proceso. Pueden ser módulos digitales y analógicos dependiendo de las características del sistema.
- Interfaz de usuario: permite a los operarios interactuar con la estación de trabajo y monitorear el estado del sistema de control. Puede incluir una pantalla táctil, botones, leds, etc.

- **Software:** el software de programación se emplea para desarrollar y cargar el programa de control en el PLC.
- **Fuentes de alimentación:** suministran energía a la estación de trabajo y a los diferentes componentes del sistema de control.



*Ilustración 21. Arquitectura de un autómata programable (Mateos, 2001)*

#### 4.1.5.2.2. Ciclo de SCAN

En un ciclo de SCAN, el controlador PLC revisa todas las entradas, procesa la lógica del programa y actualiza todas las salidas de manera repetitiva. El ciclo comienza con el examen de la primera entrada, la cual se compara con la lógica del programa para determinar si se debe realizar alguna acción. Luego, se evalúa la siguiente entrada y se repite este procedimiento para todas las entradas y salidas del controlador.

Una vez que todas las entradas han sido evaluadas y todas las salidas actualizadas, se inicia un nuevo ciclo. Este proceso se repite de manera continua en una secuencia cíclica hasta que el controlador es detenido o se produce un error. Una limitación de este proceso es la posible latencia en la actualización en tiempo real de las salidas.

En cuanto al funcionamiento, la memoria RAM de la CPU almacena información con un tamaño de registro específico relacionada con el programa en ejecución. En el caso del SIMATIC S7-300, al ejecutar el programa, se operan temporizadores, marcas y contadores, que están definidos por diferentes direcciones de memoria.

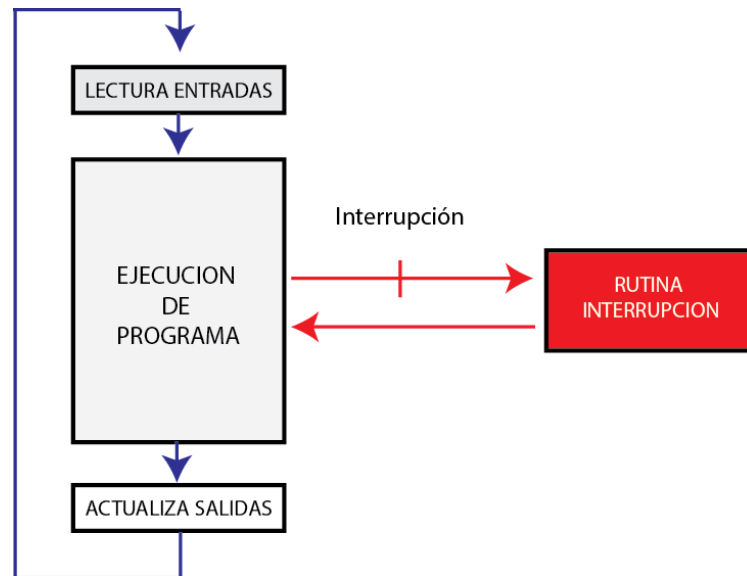


Ilustración 22. Funcionamiento del ciclo de SCAN

#### 4.1.5.2.3. Periferia descentralizada

La periferia descentralizada es un tipo de arquitectura de sistema de control en la que los dispositivos de entrada y salida, así como los controladores, están distribuidos en el sistema en lugar de concentrarse en un solo punto. En esta configuración, los dispositivos de entrada y salida se conectan directamente a los controladores, evitando pasar por una unidad central de procesamiento. Esto facilita que el control se distribuya por toda la planta o proceso en lugar de centralizarse.

Una ventaja de este enfoque es que, si un dispositivo presenta fallos, los demás pueden seguir funcionando sin interrupciones, lo que aumenta la confiabilidad del sistema.



*Ilustración 23. SIMATIC ET 200*

#### 4.1.5.2.4. Protocolos de comunicación

Un protocolo de comunicación en un sistema de control es un conjunto de normas, procedimientos y formatos estandarizados que permiten que los dispositivos de control, sensores y otros componentes del sistema se comuniquen de manera eficaz y fiable.

En estos sistemas, los dispositivos y componentes pueden estar distribuidos en diversas ubicaciones físicas, desde diferentes salas hasta distintas partes del mundo, y pueden emplear variadas tecnologías y lenguajes de programación. Los protocolos de comunicación son esenciales para que estos dispositivos interactúen de manera coherente y sin errores.

Estos protocolos detallan aspectos como la transmisión de datos, la velocidad de comunicación, la codificación y decodificación de información, el formato de los mensajes, la sincronización y la gestión de errores. Un protocolo de comunicación estandarizado garantiza que los dispositivos se comuniquen de forma eficiente y segura, mejorando así la eficiencia y seguridad del sistema. Ejemplos de protocolos utilizados en sistemas de control incluyen Modbus, Profibus, Profinet, Ethernet/IP, DeviceNet, CANbus, entre otros. Estos protocolos se aplican en diversas situaciones y entornos, y son compatibles con diferentes tipos de hardware y software de control.

#### 4.1.5.2.5. SCADA

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es una combinación de software y hardware diseñada para supervisar y controlar procesos industriales en tiempo real. Este sistema recolecta datos en tiempo real desde sensores y otros dispositivos en el campo, los cuales son enviados a una computadora central para su análisis y procesamiento. La información recopilada puede incluir el estado de los equipos, niveles de producción, temperatura, presión, flujo y otros parámetros cruciales.

El sistema SCADA permite la supervisión y control de procesos en tiempo real, lo que lo hace ideal para aplicaciones donde la seguridad y la confiabilidad son críticas. Además, SCADA almacena datos históricos, facilitando el análisis y la evaluación posterior, lo que ayuda a los ingenieros y gerentes a optimizar el rendimiento y mejorar la eficiencia operativa.

Para transmitir datos entre los dispositivos de campo y la computadora central, SCADA utiliza diversas tecnologías de comunicación. También se integra frecuentemente con otros sistemas de automatización y control, como los PLC y los sistemas de control distribuido (DCS).

#### 4.1.5.2.6. HMI

Un panel HMI (Interfaz Hombre-Máquina) es un dispositivo diseñado para supervisar y gestionar procesos industriales y automatizados. Este equipo cuenta con una pantalla táctil que ofrece una interfaz gráfica de usuario (GUI), facilitando a los operadores la interacción con los sistemas de control de la planta de manera sencilla e intuitiva.

Proporciona información esencial sobre el proceso, como el estado de los equipos, la velocidad, la temperatura y otras variables clave. Los operadores tienen acceso a gráficos, diagramas y representaciones visuales de los datos, lo que les permite comprender mejor el proceso y tomar decisiones informadas.

Se puede utilizar para controlar el proceso y realizar ajustes tanto manuales como automáticos. Los operadores tienen la capacidad de modificar parámetros, ajustar la velocidad, cambiar configuraciones del equipo y gestionar otras funciones críticas del proceso en tiempo real.

#### 4.1.5.3. Protocolos de comunicación

Un protocolo de comunicación en un sistema de control se define como un conjunto de normas, procedimientos y formatos estandarizados que permiten que los dispositivos de control, sensores y otros componentes del sistema interactúen de manera eficiente y fiable.

Dentro de un sistema de control, los dispositivos y componentes pueden estar distribuidos en diversas ubicaciones físicas, ya sea en distintas salas o incluso en diferentes partes del mundo, utilizando variadas tecnologías y lenguajes de programación. Los protocolos de comunicación son esenciales para asegurar que estos dispositivos puedan comunicarse de forma coherente y sin errores.

Estos protocolos establecen varios aspectos de la comunicación, tales como la manera en que se transmiten los datos, la velocidad de transmisión, la codificación y decodificación de la información, el formato de los mensajes, la sincronización de la comunicación y la gestión de errores. Contar con un protocolo de comunicación

estandarizado garantiza una comunicación eficiente y efectiva entre los dispositivos, lo que mejora la eficiencia y seguridad del proceso.

Ejemplos de protocolos de comunicación utilizados en sistemas de control incluyen Modbus, Profibus, Profinet, Ethernet/IP, DeviceNet, CANbus, entre otros. Estos protocolos son aplicables en diversas aplicaciones y entornos, y son compatibles con diferentes tipos de hardware y software de control.

#### 4.1.5.3.1. Profinet

Profinet es un protocolo de comunicación industrial diseñado para la automatización de procesos en ambientes industriales, como una extensión de Profibus. Este protocolo facilita la transferencia de datos en tiempo real, haciéndolo ideal para aplicaciones de control de procesos.

Profinet emplea la tecnología Ethernet para la transmisión de datos a través de una red de área local (LAN), por lo que los datos pueden ser transmitidos mediante cables de cobre o fibra óptica, facilitando su integración en infraestructuras de red ya existentes.

El protocolo se divide en tres partes principales: PROFINET-CBA (Component Based Automation), PROFINET-IO (Input-Output) y PROFINET-IRT (Isochronous Real-Time). PROFINET-CBA está destinado a la comunicación entre dispositivos complejos y sistemas de automatización, PROFINET-IO se utiliza para la comunicación entre dispositivos de entrada y salida, y PROFINET-IRT se enfoca en la comunicación en tiempo real, adecuada para aplicaciones de control de procesos críticos.

En la siguiente tabla podemos observar las comparativas con los diferentes protocolos y normativas:

<b>Bus tradicional</b>	<b>Bus Ethernet</b>	<b>Protocolo</b>	<b>Normativa</b>
Modbus-RTU	Modbus-TCP	TCP/IP	IEC 61158 / IEC 61784
PROFIBUS	PROFINET	TCP/IP, UDP/IP	IEC 61158 / IEC 61784
DeviceNet ControlNet	Ethernet/IP (CIP)	TCP/IP, UDP/IP	IEC 61158 / IEC 61784 Estándar ODVA



			Ethernet/IP
Foundation Fieldbus H1	Foundation Fieldbus High Speed Ethernet (HSE)	-	-
CANopen	EtherCAT	EtherCAT, EtherCAT/UDP	IEC 61158 / IEC 61784-3 IEC/PAS 62407 ISO 15745-4

*Tabla 1. Comparativa buses basados en Ethernet (Caler, 2015)*

#### 4.1.5.3.2. Profibus

Profibus es un protocolo de comunicación empleado en la automatización industrial para interconectar diversos dispositivos y controladores dentro de un sistema de control distribuido. El término "Process Field Bus" refleja su función en la automatización de procesos industriales.

Este protocolo se divide en dos variantes principales: PROFIBUS-DP (Decentralized Periphery) y PROFIBUS-PA (Process Automation). PROFIBUS-DP se utiliza para la comunicación en tiempo real entre dispositivos periféricos y controladores, mientras que PROFIBUS-PA se enfoca en la comunicación entre dispositivos de campo en procesos de automatización continua.

La topología de bus es la configuración utilizada por Profibus, donde los dispositivos se conectan en serie a un cable de bus común, permitiendo la transmisión de datos a través de señales eléctricas digitales. Además, también soporta una topología de estrella, en la que los dispositivos se conectan a un concentrador central.

#### 4.1.6. Robots ABB

La línea opera con la colaboración de dos robots ABB IRB 6700 MH3. Estos robots industriales cuentan con 6 ejes y están diseñados específicamente para industrias de fabricación que emplean una automatización flexible basada en robots.

Cuentan con una estructura abierta especialmente adaptada para un uso flexible, presentando unas grandes posibilidades de comunicación con sistemas externos. En el caso de una complicación de



tipo mecánico, como una colisión, electrodos pegados, etc., el robot se detiene y retrocede ligeramente desde su posición de paro.

Este tipo de robots están diseñados para ofrecer una seguridad total. Cuentan con un sistema de seguridad dedicado basado en un circuito de doble canal el cual está controlado continuamente. Si cualquiera de los componentes falla, se interrumpe la alimentación eléctrica de los motores y se aplican los frenos.



*Ilustración 24. Robot ABB IRB 6700 MH3*

El robot puede operar de forma manual o automática. En el modo manual, el robot sólo puede utilizarse mediante la unidad de programación, es decir, no se admite el uso desde equipos externos. Es necesario utilizar el dispositivo de habilitación de la unidad de programación para poder mover el robot durante el modo manual. El dispositivo de habilitación se basa en un interruptor de tres posiciones, lo que significa que todos los movimientos del robot se detienen cuando se presiona completamente el dispositivo de habilitación o cuando éste se libera completamente. De esta forma, se consigue aumentar la seguridad durante el uso del robot.

Existe un pulsador de paro de emergencia en el controlador y otro en la unidad de programación. También es posible instalar pulsadores de paro de emergencia adicionales al circuito de la cadena de seguridad del robot. La vida útil de los componentes depende de la intensidad del uso, pudiendo variar en gran medida.

El robot cumple con las siguientes normas:

Estándar	Descripción
EN ISO 12100-1	Seguridad de maquinaria, terminología básica
EN ISO 12100-2	Seguridad de maquinaria, especificaciones técnicas
En 954-1	Seguridad de maquinaria, partes de los sistemas de control relacionadas con la seguridad
En 60204	Equipos eléctricos de máquinas industriales
En 61000-6-4 (opción)	Compatibilidad electromagnética, emisión genérica
EN 61000-6-2	Compatibilidad electromagnética, inmunidad genérica
EN 775	Robots industriales con manipulación, seguridad

Estándar	Descripción
IEC 204-1	Equipos eléctricos de máquinas industriales
EIC 529	Grados de protección proporcionados por los alojamientos

Estándar	Descripción
ISO 10218	Robots industriales con manipulación, seguridad
ISO 9787	Robots industriales con manipulación, sistemas de coordenadas y movimientos
ISO 9409-1	Robots industriales con manipulación, interfaz mecánica

Estándar	Descripción
ANSI/RIA R15.06/1999 (opción)	Requisitos de seguridad para robots industriales y sistemas robotizados
ANSI/UL 1740-1998 (opción)	Norma de seguridad para robots y equipo robotizado
CAN/CSA Z 434-03 (opción)	Robots industriales y sistemas robotizados – Requisitos generales de seguridad
Norma federal 209 de los EE.UU.	Clasificación de sala limpia

Tabla 2. Normativa de robots ABB

#### 4.1.7. Cizalla Accurshear

La cizalla Accurshear está fabricada en América del Norte. Accurpress tiene miles de plegadoras y cizallas que funcionan en todos los entornos imaginables de formación de láminas metálicas de precisión y fabricación de placas pesadas, ofreciendo una amplia gama de plegadoras y cizallas, combinadas con avances tecnológicos líderes en la industria y accesorios opcionales, diseñadas para satisfacer sus necesidades de fabricación. Los modelos de prensa plegadora varían desde 25 toneladas hasta 3000 toneladas para adaptarse a cada aplicación de plegadora.



*Ilustración 25. Cizalla Accurshear 61358*

La cizalla empleada en la línea es el modelo Accurshear 61358. Cuenta con una longitud de cuchilla de 243,84 cm, un peso de casi 5 toneladas y una frecuencia de 35 cortes por minuto.

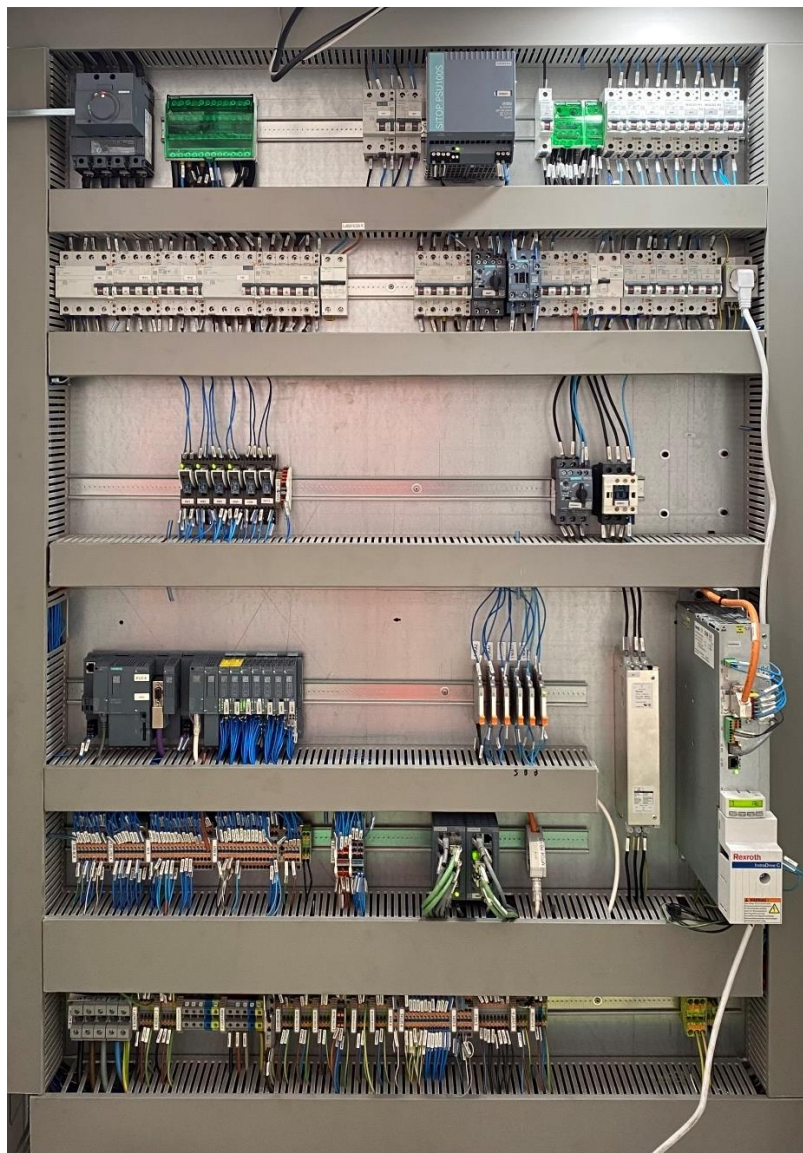
### 4.2. ARMARIOS ELÉCTRICOS

El armario industrial, también conocido como cuadro eléctrico, es el encargado de gestionar la potencia eléctrica adecuada de cada uno de los diferentes aparatos que se van a conectar a la red eléctrica de un proceso.

Permiten organizar y mantener oculto el cableado y los dispositivos eléctricos, ofreciendo una protección física, evitando cualquier tipo de

impacto y protegiendo los componentes de factores ambientales, industriales o de sobrecarga.

En la siguiente imagen se muestra el armario eléctrico completo del proceso de la línea de postcutting para, a continuación, explicar los componentes fila por fila.

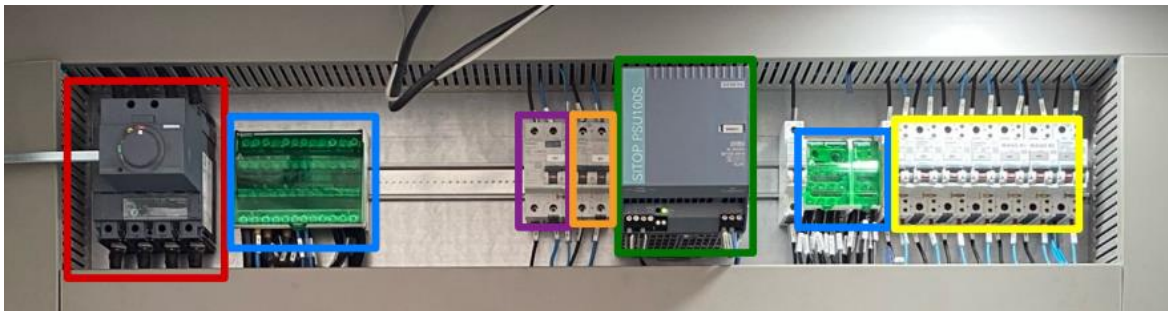


*Ilustración 26. Armario eléctrico completo*

Con el fin de detallar de forma clara los componentes del armario se ha decidido dividir en filas el armario eléctrico

#### *4.2.1. Primera fila del armario eléctrico*

En la siguiente imagen se han identificado los componentes que constituyen la primera fila del armario con el fin de detallar la utilidad de estos.



*Ilustración 27. Primera fila del armario eléctrico*

- Rectángulo rojo: el primer componente que encontramos en el armario eléctrico es el interruptor principal, encargado de permitir el paso de la electricidad a todo el armario y a los distintos componentes que lo constituyen.
- Rectángulos azules: encontramos dos bornas en la primera fila encargadas, al igual que los intercambiadores, de conectar diferentes cables de forma ordenada y segura.
- Rectángulo morado: el componente correspondiente al rectángulo morado es un diferencial, encargado de proteger la instalación eléctrica de cortocircuitos, posibles incendios y a las personas de sufrir descargas eléctricas.
- Rectángulo naranja: el siguiente componente es un magnetotérmico, encargado de proteger la instalación eléctrica de sobrecargas o cortocircuitos.
- Rectángulo amarillo: encontramos numerosos PIA (Pequeño Interruptor Automático).

#### *4.2.2. Segunda fila del armario eléctrico*

En la siguiente imagen se han identificado los componentes que constituyen la segunda fila del armario con el fin de detallar la utilidad de estos.





*Ilustración 28. Segunda fila del armario eléctrico*

- Rectángulos verdes: encontramos dos diferenciales, encargados de proteger la instalación eléctrica de cortocircuitos, posibles incendios y a las personas de sufrir descargas eléctricas.
- Rectángulos amarillos: los siguientes componentes son otros Pequeños Interruptores Automáticos, o PIA's.
- Rectángulo morado: el componente en cuestión es un magnetotérmico el cual se encarga de proteger al motor de sobrecargas o cortocircuitos.
- Rectángulo rojo: por último encontramos un contactor, encargado del cierre de los circuitos eléctricos mediante una conexión y desconexión de sus contactos a través de una señal externa.

#### 4.2.3. Tercera fila del armario eléctrico

En la siguiente imagen se han identificado los componentes que constituyen la tercera fila del armario con el fin de detallar la utilidad de estos.

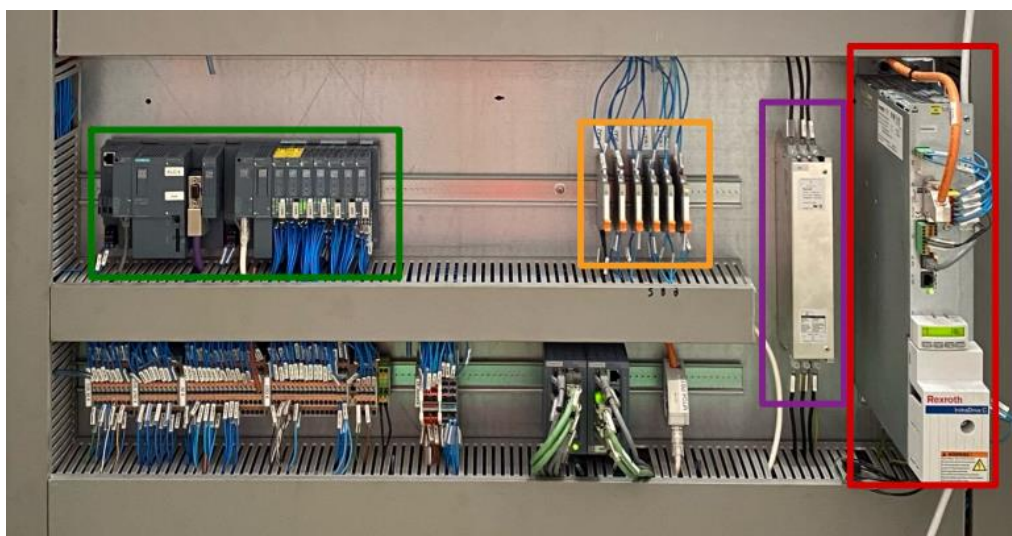


*Ilustración 29. Tercera fila del armario eléctrico*

- Rectángulo azul: el primer componente que encontramos es un relé de estado sólido. Son dispositivos interruptores electrónicos que conmutan el paso de la electricidad cuando una pequeña corriente es aplicada en sus terminales de control.
- Rectángulo rojo: el componente en cuestión es un magnetotérmico el cual se encarga de proteger al motor de sobrecargas o cortocircuitos.
- Rectángulo morado: por último encontramos un contactor, encargado del cierre de los circuitos eléctricos mediante una conexión y desconexión de sus contactos a través de una señal externa.

#### 4.2.4. Cuarta fila del armario eléctrico

En la siguiente imagen se han identificado los componentes que constituyen la cuarta fila del armario con el fin de detallar la utilidad de estos.



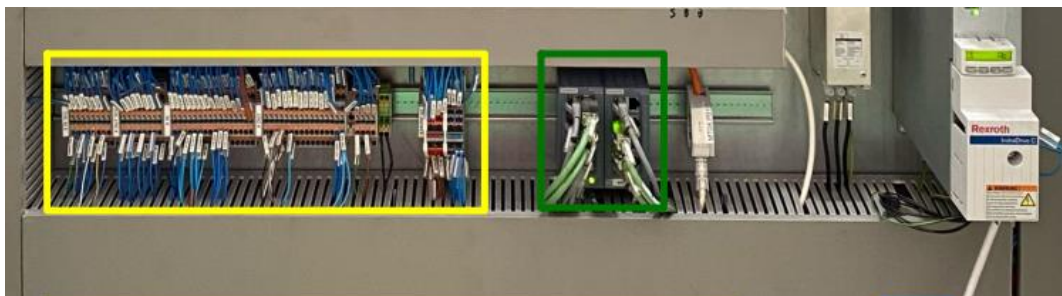
*Ilustración 30. Cuarta fila del armario eléctrico*

- Rectángulo verde: el primer componente de esta fila es el PLC, el cual se encarga de detectar diversos tipos de señales del proceso, elaborar y enviar acciones de acuerdo a cómo se ha programado.

- Rectángulo naranja: encontramos unos relés, encargados de permitir el control efectivo y seguro del sistema eléctrico, evitando que se produzcan fallos en el sistema.
- Rectángulo morado: el componente en cuestión es un filtro de red, el cual se encarga de filtrar perturbaciones en ambos sentidos, bien desde el equipo a la red o desde la red al equipo.
- Rectángulo rojo: el último componente es un regulador para el motor de posicionamiento, encargado de variar la energía que se suministra al motor de posicionamiento. Es un componente imprescindible ya que se precisa de gran exactitud

#### 4.2.5. Quinta fila del armario eléctrico

En la siguiente imagen se han identificado los componentes que constituyen la quinta fila del armario con el fin de detallar la utilidad de estos.



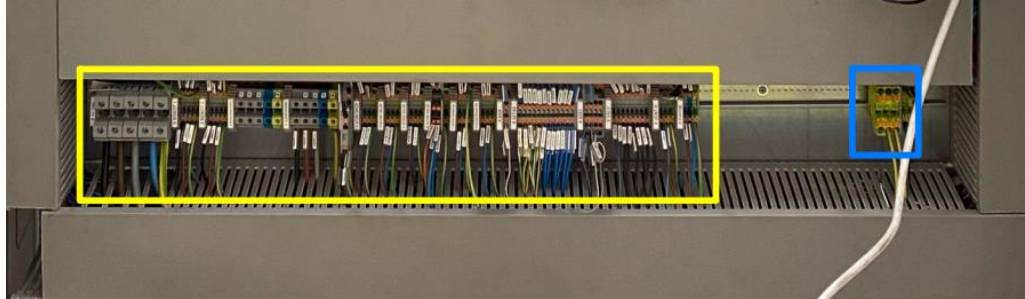
*Ilustración 31. Quinta fila de armario eléctrico*

- Rectángulo amarillo: encontramos numerosos bornes, los cuales se emplean para dar calidad y orden al cuadro eléctrico, garantizando una mayor seguridad en caso de fallo.
- Rectángulo verde: el componente que encontramos en este caso es un switch de profinet, el cual proporciona conexiones de red fiables entre máquinas y dispositivos mediante el protocolo de comunicación de red profinet.

#### 4.2.6. Sexta fila del armario eléctrico



En la siguiente imagen se han identificado los componentes que constituyen la sexta y última fila del armario con el fin de detallar la utilidad de estos.



*Ilustración 32. Sexta fila del armario eléctrico*

- Rectángulo amarillo: encontramos diversos bornes, los cuales se emplean para dar calidad y orden al cuadro eléctrico, garantizando una mayor seguridad en caso de fallo.
- Rectángulo azul: por último encontramos el bornero de tierra, el cual es un conductor eléctrico de protección que une la instalación a tierra.

## 4.3. CONTROL AUTOMATIZADO DE LA LÍNEA

### 4.3.1. Comunicación de red

La comunicación de red de un PLC se refiere a la interconexión de diversos dispositivos y sistemas dentro de un entorno industrial gracias a una red de comunicación, permitiendo la transferencia de datos y señales entre el PLC y los componentes de la línea. Esta comunicación es esencial para la automatización y un control eficiente de los procesos industriales mientras se puede monitorizar en tiempo real.

El sistema de la postcutting cuenta con una red de profibus para la gasparini y otra profinet para el resto de los componentes. La red de profinet proporciona una red ethernet industrial de alta velocidad y flexibilidad, permitiendo la transmisión de datos en tiempo real y la integración de dispositivos. La red profibus está basado en la interfaz estándar RS-485 diseñado también para la comunicación en tiempo real entre dispositivos en entornos industriales.

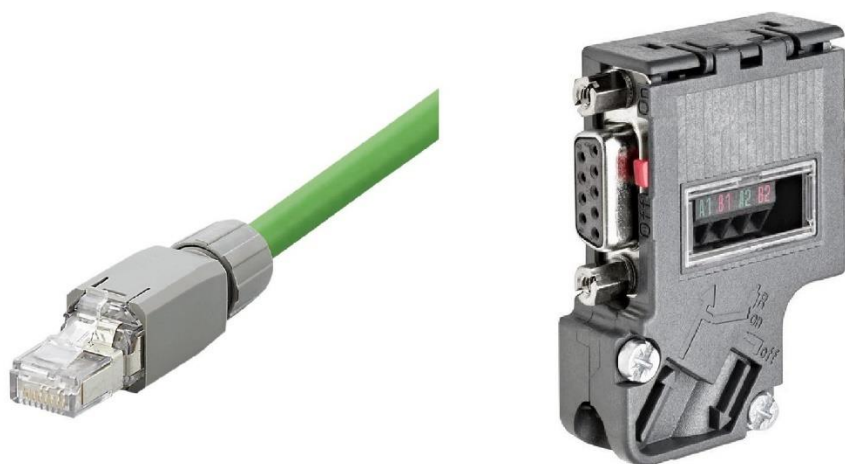


Ilustración 33. Conector Ethernet (profinet) y conector RS-485 (profibus)

Encontramos diferentes tipos de estación de control o botonería "XAL" los cuales se emplean para agrupar y proteger los componentes eléctricos y electrónicos que controlan el proceso industrial. En la imagen adjuntada a continuación se detallan las diferentes estaciones de control que encontramos en el proceso:

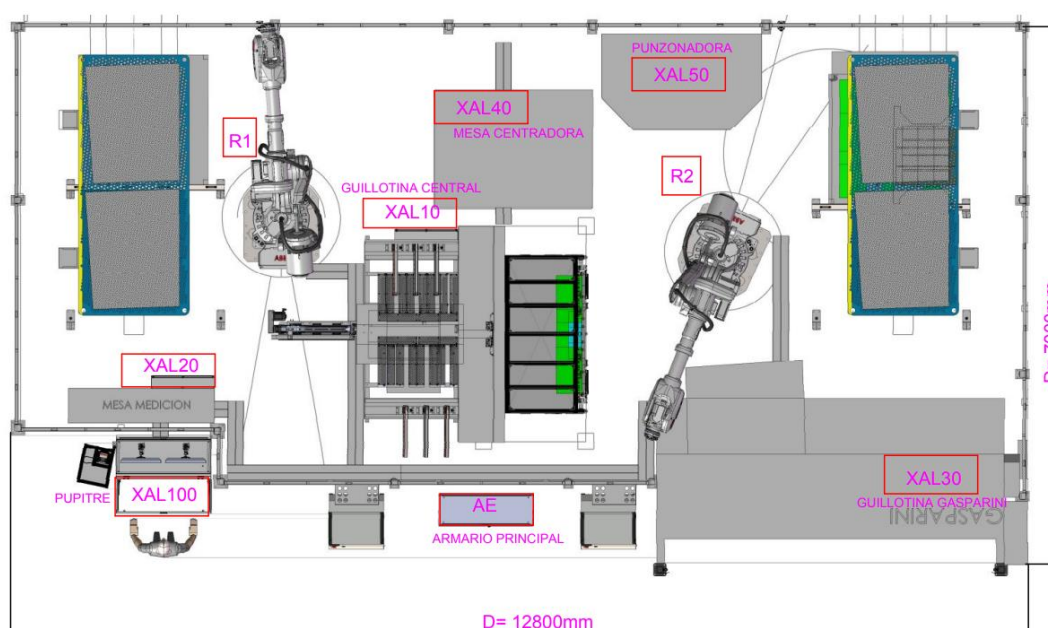


Ilustración 34. Diferentes XAL del proceso

En la tabla de ubicada a continuación se detallan apartados significativos del proceso y su ubicación en los anexos. Contamos con el armario eléctrico, XAL10 (guillotina central), XAL20 (mesa de

medición), XAL30 (Gasparini), XAL40 (Mesa centradora/gravedad), XAI100 (pupitre) y la neumática.

Código de ubicación	Descripción
SCH AE	Layout armario
SCH AE	Acometida I
SCH AE	Acometida II
SCH AE	Alimentación 24V DC
SCH AE	Salidas 24V DC
SCH AE	Servo
SCH AE	Servo 2
SCH AE	Barrera de seguridad Gasparini
SCH AE	ERG_cierre puerta Izq
SCH AE	ERG_cierre puertra Dch
SCH AE	Layout PLC
SCH AE	PLC S7-1500 y Switch
SCH AE	Serie de setas
SCH AE	Salidas de seguridad
SCH AE	Balizas instalación
SCH R1	ERG_Robot1 Control
SCH R1	ERG_Robot1 Entradas Digitales
SCH R1	ERG_Robot1 Salidas Digitales
SCH R1	ERG_Robot1 Mano Wago Layout
SCH R1	ERG_Robot1 Mano Wago DI 1
SCH R1	ERG_Robot1 Mano Wago DO 1
SCH R2	ERG_Robot2 Control
SCH R2	ERG_Robot2 Entradas Digitales
SCH R2	ERG_Robot2 Salidas Digitales
SCH R2	ERG_Robot2 Mano Wago Layout
SCH R2	ERG_Robot2 Mano Wago DI 1
SCH R2	ERG_Robot2 Mano Wago DO 1
XAL10	Alimentación XAL10
XAL10	Layout XAL10

XAL10	SMC Layout XAL10
XAL10	Módulo 1 entrada digital XAL10
XAL10	Módulo 2 entrada digital XAL10
XAL10	Módulo 3 entrada digital XAL10
XAL10	Módulo 3 salida digital XAL10
XAL10	Módulo 3 2xAI XAL10
XAL20	Alimentación XAL20
XAL20	Layout XAL20
XAL20	SMC Layout XAL20
XAL20	Módulo 1 entrada digital XAL20
XAL20	Módulo 2 salida digital XAL20
XAL20	Módulo 1 2xAI XAL20
XAL20	Módulo 2 2xAI XAL20
XAL20	Módulo 3 2xAI XAL20
XAL30	Alimentación XAL30
XAL30	ET2000SP XAL30
XAL40	Alimentación XAL40
XAL40	Layout Wago XAL40
XAL40	Wago D1 XAL40
XAL100	Layout placa
XAL100	Layout Exterior 1
XAL100	Layout Exterior 2
XAL100	Acometida
XAL100	Layout PLC
XAL100	Módulo 1 16xD1
XAL100	Módulo 2 16xD2
XAL100	Módulo 3 16xDQ
XAL100	Módulo 4 16xDQ
XAL100	Módulo 5 8x F-DI
Neumática	UM y válvula de corte
Neumática	Neumática XAL10 Guillotina Central
Neumática	Neumática XAL10 Guillotina Central

*Tabla 3. Código de ubicación y localización en anexos*

*Ilustración 35. Diagrama secuencia de arranque*

Todas las condiciones se deben cumplir para poder iniciar la secuencia de arranque. También se deben tener ambos Robots en automático y la receta cargada correctamente para seguir con la secuencia.

Una vez se cumplan las condiciones, el operario de turno podrá iniciar la secuencia de arranque, iniciando el proceso de la postcutting.

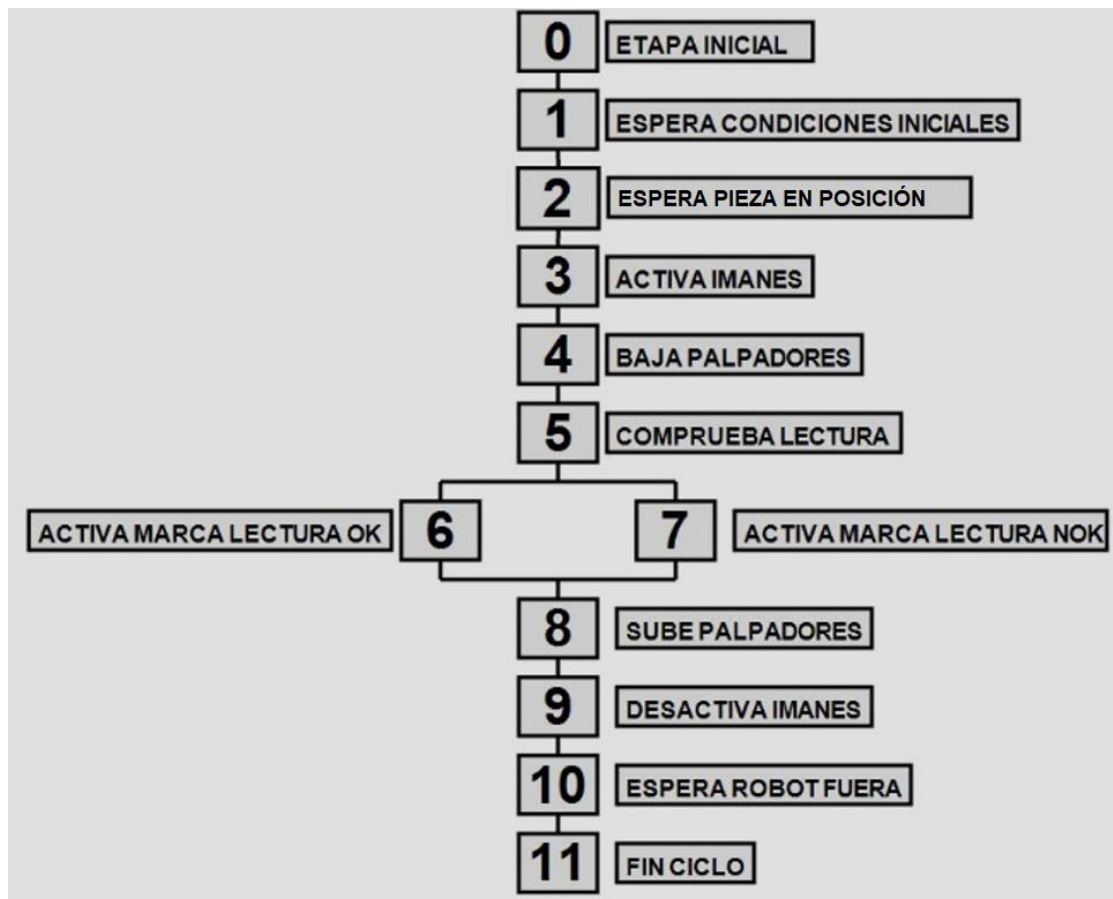


Ilustración 36. Diagrama mesa de medición

En la mesa de medición encontramos una serie de parámetros que albergan desde el punto [1] hasta el [5], los cuales han de cumplirse progresivamente.

Una vez se hayan cumplido dichos puntos, los palpadores detectarán si la medición es correcta o errónea, prosiguiendo después con los puntos [8] al [11].

Si la medición es incorrecta se desestimarán las condiciones iniciales del siguiente proceso, debiendo entrar el operario en el recinto y solventar el problema según su criterio.



*Ilustración 37. Diagrama de entrada de cizalla*

Respecto a la cizalla Accurshear, encontramos que precisa de unas condiciones iniciales (neumática, sensores, etc.) [1], las cuales, hasta que no estén presentes, harán que el resto de las condiciones que van de la [2] a la [4] se mantengan en un bucle.

Una vez se cumplen dichas condiciones, el proceso subirá la cizalla y se completará el ciclo de entrada de la cizalla.





Ilustración 38. Diagrama mesa de cepillos

En la mesa de cepillos precisamos de una serie de condiciones [1]. Una vez se cumplan se proseguirá desde el punto [3] hasta el final de ciclo [22]. Mientras no se cumplan las condiciones iniciales la máquina entrara en un modo de espera.

También encontramos un bucle entre los puntos [14] y [17], donde el mecanismo de avance continuará introduciendo la chapa en la cizalla hasta que sea preciso, finalizando el proceso y prosiguiendo con el siguiente punto [18].



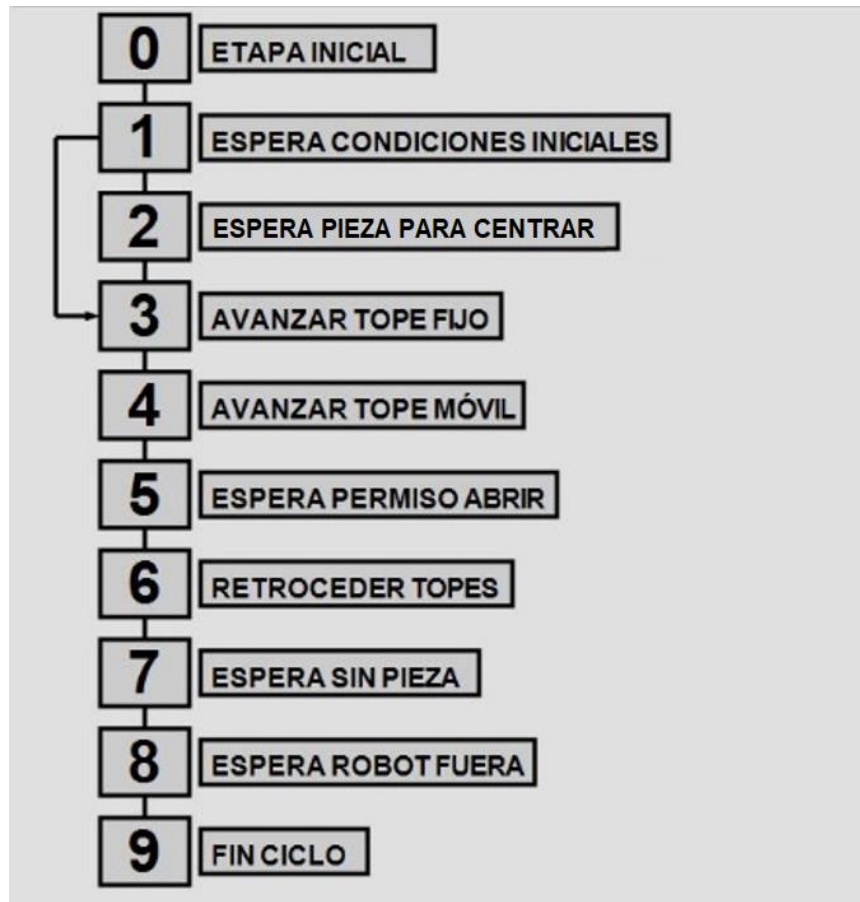


Ilustración 39. Diagrama de salida de cizalla

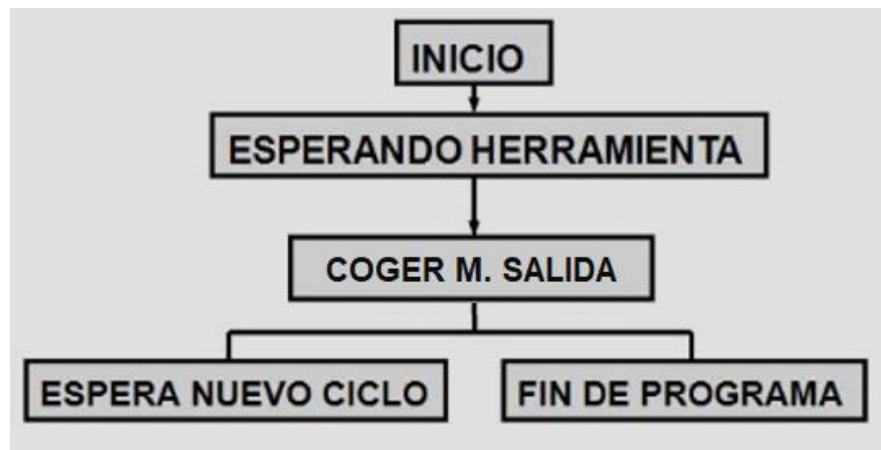
Encontramos unas condiciones iniciales [1] las cuales hasta que no estén presentes harán que se continúe con el proceso de posicionado de la pieza [2]. Una vez encontremos la pieza posicionada, las condiciones iniciales estarán activadas, permitiendo continuar el proceso con el punto [3] hasta llegar al final de este [9].

*Ilustración 40. Diagrama Robot1*

El Robot1 precisa de una herramienta la cual depende del tipo de referencia que esté activa en el momento. Una vez que la herramienta sea la correcta proseguirá con el siguiente punto. Si las condiciones de arranque están activadas procederá a recoger chapas del palet, si por el contrario alguna condición no está activa, el Robot1 no recogerá chapas.

A continuación, el Robot1 esperará hasta que el proceso le permita realizar una medición de espesor si se precisa. Si no se precisa continuará con el siguiente punto. Si la medición del grosor de las chapas es correcta, el Robot1 procederá a dejar las chapas en la mesa inclinada, donde se colocarán de forma precisa para a continuación dejarla en la mesa de cepillos.

Si por el contrario la medición del espesor de las chapas es incorrecta, el operario deberá entrar en la instalación, mirar cuál ha sido el motivo de fallo y actuar en consecuencia.



*Ilustración 41. Diagrama Robot2*

Una vez el Robot2 tenga la herramienta específica para la referencia la condición estará activada y, cuando precise, proseguirá a recoger las chapas de la mesa de salida para apilarlas en el palet. Una vez complete dicha acción podrá esperar para realizar de nuevo el proceso y finalizar la referencia.

## 4.4. COMPONENTES DE LA LÍNEA

Debido a la magnitud de componentes operando en el proceso, se ha decidido seccionarlos en los siguientes apartados; maquinaria, donde encontramos los principales elementos que forman parte del conjunto; materiales mecánicos, tales como componentes, mecanismos y piezas simples que forman parte de una máquina; materiales eléctricos, encargados de producir, distribuir, transformar y utilizar la energía eléctrica; y materiales neumáticos, encargados de transmitir y dirigir la presión de aire.

### 4.4.1. Maquinaria

Como principales elementos encontramos los dos robots ABB, la cizalla Accurshear, la cizalla Gasparini, los palets y los toolings.

- Robots ABB: encontramos dos robots ABB IRB 6700 MH3 de última generación que cuentan con 6 ejes, diseñados específicamente para una automatización basada en el uso de robots.

Se encargan de mover las chapas donde precise. El Robot1 recoge las chapas del palet de entrada para llevarlas a la mesa inclinada con el fin de centrarlas y posteriormente las lleva a la mesa de cepillos. El Robot2 se encarga de recoger las chapas de la mesa inclinada para proceder al apilado de las mismas en el palet de salida.

- Cizalla Accurshear: encontramos una única cizalla de este fabricante. Es la pieza más descataca del proceso. Se encarga de cortar las chapas mediante pequeños avances de las mismas a través de sus cuchillas. Cuenta con una alta precisión de corte y una elevada tasa de cortes por minuto.
- Cizalla Gasparini: cizalla auxiliar empleada en algunas referencias debido a que algunas chapas repcisan de un corte de dimensiones menores. Después de pasar por la mesa de gravedad, el Robot2 recoge las chapas y las lleva a dicha cizalla para posteriormente retirarles una pequeña parte, la cual es desechada.
- Palets: encontramos dos palets que operan a la vez en el proceso: el palet de entrada y el palet de salida. Ambos palets cuando son cargados o descargados son removidos del proceso para dar paso a otro nuevo de reemplazo con materia nueva o vacío y listo para el apilado.
- Toolings: en el proceso enctronamos dos modelos de tooling. Se empleará el que corresponda con la referencia que esté activa en el momento, quedando el otro en una estación hasta que sea preciso un cambio de herramienta.

#### 4.4.2. Materiales mecánicos

A continuación, se ha redactado una tabla con todos los materiales mecánicos:

Cantidad	Descripción	Referencia	Fabricante
2	CILINDRO GUIADO	MGPM Ø25 TF 20 Z	SMC
2	JUNTA FLOTANTE	JA-40-12-125	SMC

1	AMORTIGUADOR	RBC2015	SMC
2	CILINDRO NEUMATICO con soportes	CP96SDL40_200C	SMC
1	CILINDRO NEUMATICO GUIADO	MGPM Ø32 TF 25 Z	SMC
6	Engrasador	E2 para patín de 20	HIWIN
6	PATIN HG	HGH-20-CA	HIWIN
1	GUIA LINEAL HGR	HGR20R-520	HIWIN
2	GUIA LINEAL HGR	HGR20R-580 G1/G2-20	HIWIN
3	RODAMIENTO DE BOLAS	INT: 12 EXT: 28 ESP: 8	NSK
10	Casquillo SELFOIL liso	SELFOIL A 6-10-10	ROYME
2	Casquillo guía	DIN 179 Casquillo liso	ROYME
1	TORNILLO LIMITE	M10x12 l=30	ROYME
2	FRENO PARA GUIA HIWIN EG	HK2001A	ZIMMER
2	FLECHA	GN 711.3-AL-1	ELESA
2	REGLA	GN 711.2-AL-100-W-M-	ELESA
16	Arandela DIN- 125A	M24	WÜRTH
16	Arandela DIN 125A	M24	WÜRTH
16	Tornillo hexagonal	DIN 933 M24x80 8.8 A	WÜRTH
1	CHAPA DESLIZAMIENTO	CHAPA 6WL AISI 304	IMEZA
13	PATA ARTICULADA	3 842 352 061	BOSCH
29	ESCUADRA PERFIL 45	3842523558	BOSCH
1	FIJACION OSCILANTE	3 842 538 276	BOSCH
200	TUERCA	N A	BOSCH
13	PATA	0.0439.22	ITEM

35	ESCUADRA	0.0.625.23	ITEM
5	PERFIL	0.0.624.92	ITEM
200	TUERCA	0.0.625.04	ITEM
20	TAPETA	0.0.625.09	ITEM
1	PLACA GOMA	GU2G	SOMMER
20	CEPILLO	MCS_K2	MINK
16	BRIDA	R117529026	BOSCH
1	MODULO LINEAL	MKK_110_NN_3_1850m	BOSCH
2	ROBOT ABB	IRB 6700 MH3	ABB
8	ASA	REF:37131	ELESA
10	TUERCA RANURA T M6	R344700101	BOSCH
4	CENTRADOR	R039660550	BOSCH
4	Tornillo hexagonal	DIN 933 M24x100 8.8 A	WÜRTH
2	Rodamiento	3001-2RS	INA

Tabla 4. Materiales mecánicos

#### 4.4.3. Materiales eléctricos

A continuación, se ha redactado una tabla con todos los materiales eléctricos:

Cantidad	Descripción	Referencia	Fabricante
2	BT-2HF SET DE SOPORTES	429393	LEUZE
1	LUMINARIA LED IMANTADA	901120	LERKENBOX
1	FINAL CARRRA PUERTA	903300	LERKENBOX
1	SOPORTE F.C PUERTA ARMARIO	903300	LERKENBOX
2	Placa montaje KX 800mm	1570810	RITTAL
12	MTS. TAPA OBO DBKR 200 FS	6049121	Obo

90	GRAPA PARA TAPA OBO DK DBKR G	6049280	Obo
12	MTS. BANDEJA OBO BKRS 1020 FS	6062002	Obo
12	MTS. TABIQUE OBO TSG100Z BKRS FS	6062390	Obo
8	ANGULO REDUCIDO/CIERRE FINAL OBO RWEB 1010 FS	7111802	Obo
2	KD S-M12-5ª-P1- 100 CABLE DE CONEXIÓN	50133861	LEUZE
1	MLC500T30-900 EMISOR	68000309	LEUZE
1	MLC510R30-900 RECEPTOR	68001309	LEUZE
1	Borne de varios pisos WDK 2.5	1021500000	WEIDMULLER
2	RELE BORNA BOBINA 24VDC	1122770000	WEIDMULLER
1	Rele DRI424524LT 24VAC 2CC 5	7760056343	WEIDMULLER
1	SDI-2CO Base 3 pisos 2CC Bri	7760056351	WEIDMULLER
1	SDI-CLIP Clip de Fijacion	7760056352	WEIDMULLER
1	ENLACE DE CADENA HEMBRA KA/Z 3002	30000008200	Murrplastik
1	ENLACE DE CADENA MACHO KA/Z 3002	30000008300	Murrplastik
9	Rejiband Rapide 60x150 Bycro	PEM60522150	Pemsa
8	Soporte reforzado R-Plus 100 PG	PEM62025103	Pemsa
1	DIFERENCIAL 40A 30mA	5SV3314-6	SIEMENS
2	Caja mural con puerta de chapa de acero, con ventana	KX 1613.000	RITTAL

	de policarbonato. 800mm de ancho		
1	MP 3000 037 RV050 1260MM PA ( = MP3002) Plástico	0300 02 037 050 0 0	Murrplastik
1	Alimentación de potencia	1606-XLB240E	ALLEN BRADLEY
1	CONTACTOR 25A BOBINA 24VAC	3RT2026-1AB00	SIEMENS
1	GUARDAMOTOR SERVO 13.20A	3RV2021-4BA10	SIEMENS
1	GUARDAMOTOR 16- 24A	3RV2021-4DA10	SIEMENS
1	transversal S00/S0	3RV2901-1E	SIEMENS
1	Interruptor automático 3VA1 IEC Frame 160	3VA1112-3GF46- 0AA0	SIEMENS
12	Automático magnetotérmico 400V 6kA, 1 polo, C, 6A	5SL6106-7	SIEMENS
1	Automático magnetotérmico 400V 6kA, 1 polo, C, 40A	5SL6140-7	SIEMENS
2	PIA UNIPOLAR SECUNDARIO TRAFO	5SL6206-7	SIEMENS
2	Automático magnetotérmico 400V 6kA, 2 polos, C, 16A	5SL6216-7	SIEMENS
2	Automático magnetotérmico 400V 6kA, 3 polos, C, 16A	5SL6316-7	SIEMENS
1	Automático magnetotérmico 400V 6kA, 4 polos, C, 32 <sup>a</sup>	5SL6432-7	SIEMENS
3	Automático magnetotérmico	5SL6440-7	SIEMENS



	400V 6kA, 4 polos, C, 40A		
1	Interruptor diferencial, 4 polos, Tipo F, con retardo breve	5SV3644-3	SIEMENS
1	Fuente alimentación 24VDC, 20Amp	6EP1336-2BA10	SIEMENS
9	TARJETA 16 DI	6ES7131-6BH01- 0BA0	SIEMENS
7	TARJETA 16 DQ	6ES7132-6BH01- 0BA0	SIEMENS
1	Modulo SIMATIC DP para ET200 PROFISAFE 8 Entradas Seguras	6ES7136-6BA00- 0CA0	SIEMENS
2	MOD.ELTRON.ET 200SP 8 F-DI HF	6ES7136-6BA01- 0CA0	SIEMENS
2	MOD.ELTRON.P/ET 200SP 4 F-DQ	6ES7136-6DB00- 0CA0	SIEMENS
1	ET 200SP, IM155- 6PN/2 HF	6ES7155-6AU01- 0CN0	SIEMENS
1	Adaptador de bus 2xRJ45	6ES7193-6AR00- 0AA0	SIEMENS
1	ADAPTADOR BUS BA 2xRJ45	6ES7193-6AR00- 0AA0	SIEMENS
10	UNIDAD BASE BU15-P16+A0+2B	6ES7193-6BP00- 0BA0	SIEMENS
11	UNIDAD BASE BU15-P16+A0+2D	6ES7193-6BP00- 0DA0	SIEMENS
1	CPU 1512SP F-1 PNv	6ES7512-1SK01- 0AB0	SIEMENS
1	MOD.INTERFAZ PROFIBUS-DP CM	6ES7545-5DA00- 0AB0	SIEMENS
1	TARJ.MEM.SIMATIC S7 S7-1x00 CPU/SINAMICS	6ES7954-8LC03- 0AA0	SIEMENS
2	SWITCH 8 BOCAS NO GESTIONADO	6GK5008-0BA10- 1AB2	SIEMENS
1	PDOR.COM.CP 1542SP-1	6GK7542-6UX00- 0XE0	SIEMENS

22	Soporte de elementos	800F-ALM	ALLEN BRADLEY
4	Soporte de elementos	800F-ALP	ALLEN BRADLEY
2	Botones pulsadores VERDE	800FM-LF3	ALLEN BRADLEY
3	Botones pulsadores ROJO	800FM-LF4	ALLEN BRADLEY
16	Botones pulsadores TRANSPARENTE	800FM-LF7	ALLEN BRADLEY
1	Desbloqueo por rotación SETA	800FM-MT44	ALLEN BRADLEY
4	Interruptor selector	800FM-SM22	ALLEN BRADLEY
2	Módulo LED integrado VERDE	800F-N3G	ALLEN BRADLEY
2	Módulo LED integrado	800F-N3R	ALLEN BRADLEY
12	Módulo LED integrado BLANCO	800F-N3W	ALLEN BRADLEY
2	Luz piloto AMBAR	800FP-P0	ALLEN BRADLEY
5	TOMA DE CORRIENTE	A9A15310	SCHNEIDER
1	PIA IC60/1P/C10A	A9F79110	SCHNEIDER
1	PIA IC60/2P/C6A	A9F79206	SCHNEIDER
1	PIA IC60/2P/C16A	A9F79216	SCHNEIDER
1	ID 2P/25A/30mA	A9R81225	SCHNEIDER
1	TRAFO MONO S 230/400VCA 24VCC 250VA	ABT7ESM025B	SCHNEIDER
1	Anyasen 8 Piezas Tapa Pasacables Pasacables Circulares	Anyasen 8 Piezas	Anyasen
1	PLACA DE MONTAJE CUBIERTAS, 1200, CHAPA DE ACERO	BDP12R5	ELDON
1	ARMARIO 1800 ALTO x 1200ANCHO x 400 PROFUNDO	BIG18012040POD	IDE
9	DETECTOR DE ESTADO SÓLIDO	D-M9PSAPC-595	SMC

1	SENSOR ANALÓGICO DE POSICIÓN C=200, IO-LINK, M12-4	D-MP200C	SMC
2	Unidad de entradas analógicas	EX600-AXA	SMC
1	Parte de EX600-AXB-X3	EX600-AXB-X3	SMC
2	EX600 unidad de entradas/salidas digitales	EX600-DMPF	SMC
2	EX600 unidad de entrada digital (Tipo muelle)	EX600-DXPF	SMC
2	Placa terminal para EX600	EX600-ED5	SMC
2	Unidad SI para EX600 (PROFINET Maestro IO)	EX600-SPN3	SMC
4	Monitor 22" Samsung	F22T350FHR	Samsung
6	RELÉ GUIAS FORZADAS 3 NA 1 NC	G7SA-3A1B 24VDC	OMRON
1	REPARTIDOR 1 POLO 125A	LGY112510	Schneider
1	REPARTIDOR TETRAPOLAR 125A	LGY412548	Schneider
1	Consola de mesa, 250x1200x985	MPC122R5	ELDON
1	Consola base, 700x1200x500	MPC123R5	ELDON
1	CLIMATIZADOR LAT.1000W 230V 50/60Hz	NSYCU1K	SCHNEIDER
6	ZÓCALO PARA RELÉ GUIAS FORZADAS 3NA 1NC	P7SA-10F-ND 24VDC	OMRON
6	Rejiband Rapide 60x 60-2 Bycro	PEM60522060	Pemsa
12	Rejiband Rapide 60x100 Bycro	PEM60522100	Pemsa

8	Soporte reforzado R-Plus 150 PG	PEM62025153	Pemsa
2	Teclado estándar con retroiluminación	Perixx PERIBOARD 317	Perixx
2	Ratón Trackball Ergonómico	Perixx PERIMICE-517	Perixx
1	ZÓCALO, 100x1200	PF1120	ELDON
2	SOPORTE 2 MONITORES VERTICAL	PME1288	PHOENIX MECANO
1	BANDEJA TELEFONO	PME1290	PHOENIX MECANO
1	BANDEJA IMPRESORA	PME1292	PHOENIX MECANO
1	PERFIL SUJECCION BANDEJAS	PME1293	PHOENIX MECANO
1	LATERALES ZOCALO 100x500	PST1050	ELDON
2	MODULO BLANCO PARA Q50 24VDC	QL20003	QLIGHT
2	MODULO ROJO PARA Q50 24VDC	QL20019	QLIGHT
2	MODULO AMBAR PARA Q50 24VDC	QL20020	QLIGHT
2	MODULO VERDE PARA Q50 24VDC	QL20021	QLIGHT
2	ADAPTADOR 1 QT50 PARA SOPORTES PIE PE18	QL20022	QLIGHT
2	TAPA SUPERIOR NEGRA QT50	QL20023	QLIGHT
2	ADAPTADOR 2 QT50 PARA SOPORTE PIE PE18	QL20024	QLIGHT
2	SOPORTE ALUMINIO 100MM	QL20025	QLIGHT
2	BASE QT50 PIE PE18 QZ18- BRACKET	QL20027	QLIGHT

1	TAPA LATERAL P/ZOCALO 200x400mm	TLZCL2040	IDE
3	Cabeza Pulsador Rasante BLANCO	ZB4BA1	SCHNEIDERELEC TRIC
1	Cabeza Selector 2 Pos. Maneta corta	ZB4BD2	SCHNEIDER ELECTRIC
3	Cabeza Pulsador Rasante Luminoso LED BLANCO	ZB4BW313	SCHNEIDER ELECTRIC
2	Cabeza Pulsador Rasante Luminoso LED VERDE	ZB4BW333	SCHNEIDER ELECTRIC
3	Cabeza Pulsador Rasante Luminoso LED ROJO	ZB4BW343	SCHNEIDER ELECTRIC
2	Cabeza Pulsador Rasante Luminoso LED AZUL	ZB4BW363	SCHNEIDER ELECTRIC
1	Cabeza Seta Emerg. Luminoso LED 40mm ROJO (Tirar Liberar)	ZB4BW643	SCHNEIDER ELECTRIC
13	Cuerpo Completo 1NA	ZB4BZ101	SCHNEIDER ELECTRIC
1	Cuerpo Completo 1NA+1NA	ZB4BZ103	SCHNEIDER ELECTRIC
1	Cuerpo Completo 2NC	ZB4BZ104	SCHNEIDER ELECTRIC
24	Tapones para las botoneras 22	ZB5SZ3	SCHNEIDER ELECTRIC
3	Bloque Luminoso LED BLANCO 24V AC/DC	ZBVB1	SCHNEIDER ELECTRIC
2	Bloque Luminoso LED VERDE 24V AC/DC	ZBVB3	SCHNEIDER ELECTRIC
4	Bloque Luminoso LED ROJO 24V AC/DC	ZBVB4	SCHNEIDER ELECTRIC
2	Bloque Luminoso LED AZUL 24V AC/DC	ZBVB6	SCHNEIDER ELECTRIC

1	ESQUINERA/TAPA FRONTAL	ZCL20120	IDE
---	---------------------------	----------	-----

Tabla 5. Materiales eléctricos

#### 4.4.4. Materiales neumáticos

La estación cuenta con dos cajas neumáticas, donde se pueden encontrar agrupados los elementos neumáticos. En concreto, el elemento más susceptible a la hora de realizar el mantenimiento es la unidad modular de tratamiento de aire.

Dicha unidad se encarga de realizar un acondicionamiento previo del aire, para asegurar se encuentra en condiciones óptimas para el correcto funcionamiento de los elementos neumáticos que componen la línea.



Ilustración 42. Unidad neumática

A continuación, se ha redactado una tabla con todos los materiales neumáticos:

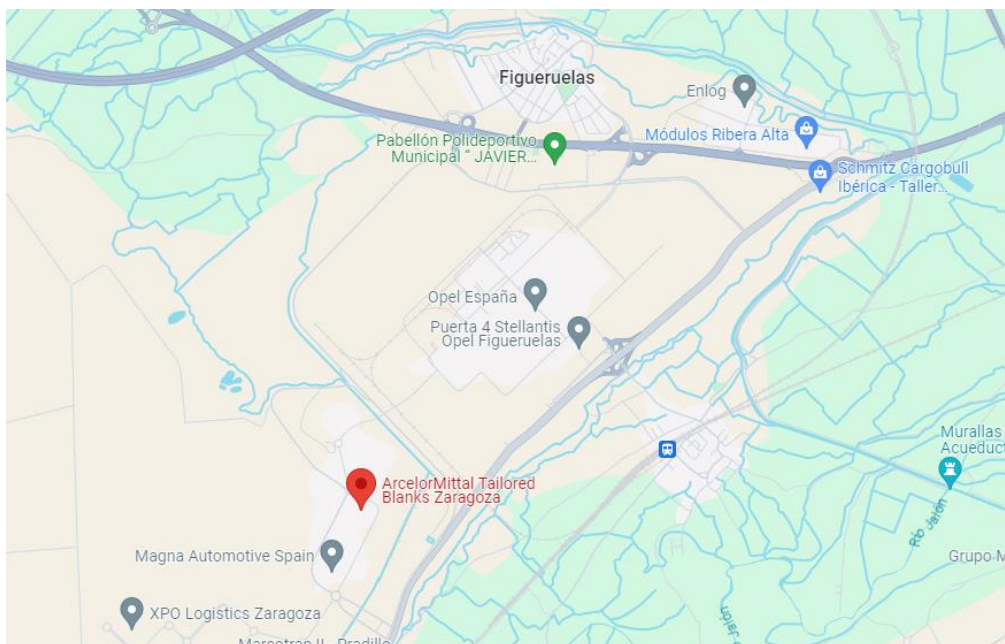
Cantidad	Descripción	Referencia	Fabricante
8	Placa ciega	SY50M-26-1A	SMC
4	Silenciador para conexiones E (Ambos lados)	AN20-C10	SMC

9	Electroválvula	SY5200-5U1	SMC
2	Conjunto de placa P/E	SY50M-1-1A-C10	SMC
2	Placa de válvula para EX600	EX600-ZMV2	SMC
3	Tirantes	SV2000-55-1-11	SMC
3	Tirantes	SV2000-55-1-6	SMC
1	Espaciador	Y400T-D	SMC
1	Espaciador	Y410-F02-D	SMC

*Tabla 6. Materiales neumáticos*

#### 4.4.5. Localización de la planta

La nave de ArcelorMittal Tailored Blanks Zaragoza se encuentra en la calle General Motors 7 dentro del polígono industrial El Pradillo, Pedrola.



*Ilustración 43. Ubicación de las instalaciones de ArcelorMittal TBZ*

## 4.5. SEGURIDAD



La seguridad es un componente primordial en la empresa, abarcando desde la protección el personal como de las instalaciones y la maquinaria. Implementar y mantener un entorno seguro es crucial.

En todos los procesos de ArcelorMittal, concretamente en el proceso de postcutting, encontramos numerosas medidas de seguridad detalladas en los siguientes subapartados.

#### 4.5.1. Botones de emergencia

Los botones de emergencia son dispositivos diseñados para detener de forma inmediata el funcionamiento de una máquina en caso de emergencia, minimizando así el riesgo de accidentes y daños.

Existen numerosas normativas y estándares que regulan tanto el uso como la instalación de estos dispositivos. Encontramos la ISO 13850 y las regulaciones de la Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Estas normativas establecen requisitos claros sobre el diseño, la accesibilidad y la funcionalidad de los botones de emergencia, asegurando su efectividad en situaciones críticas.

El mantenimiento y las pruebas habituales de los botones de emergencia son esenciales para garantizar su operatividad, por lo que diariamente se comprueba el correcto funcionamiento de estos. También se comprueban las conexiones y los cables mensualmente.

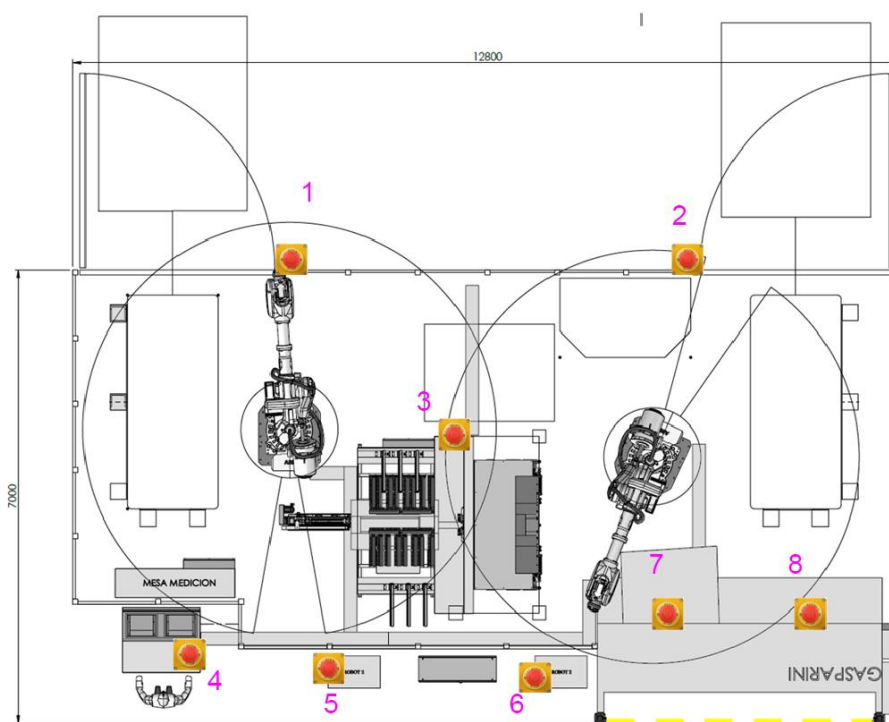


Ilustración 44. Botones de emergencia del proceso



Encontramos un total de 8 botones distribuidos por todo el proceso. En el puesto de control se encuentra uno de ellos, por lo que el operario de turno siempre tendrá control y en caso de emergencia podrá actuar de forma rápida y eficaz.

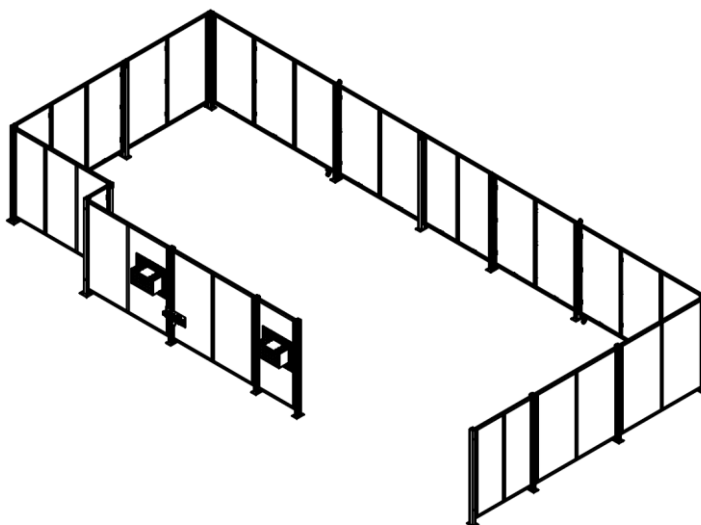
También encontramos varios botones de emergencia en el interior del recinto vallado por si el personal, en caso de estar en el interior, precise de una detención rápida.

#### *4.5.2. Vallado perimetral*

El vallado perimetral de seguridad juega un papel muy relevante en la prevención de accidentes y el control del acceso no autorizado a la zona.

Son elementos de seguridad esenciales para garantizar la protección de la maquinaria y las personas. Estas estructuras físicas cumplen varios propósitos, incluyendo:

- Prevención ante accesos no autorizados: ayudan a controlar y restringir el acceso a áreas específicas, evitando accesos no deseados y protegiendo la privacidad.
- Delimitación de espacios: definen los límites de un recinto, asegurando que las personas se mantengan dentro de áreas permitidas y evitando conflictos o invasiones no deseadas.
- Seguridad de personas y bienes: proporcionan una barrera física para proteger a las personas y los bienes de posibles amenazas externas.
- Durabilidad: son muy resistentes y duraderos, lo que los convierte en una inversión rentable a largo plazo con el fin de aumentar la vida útil del proceso.



*Ilustración 45. Vallado perimetral de seguridad del proceso*

### 4.5.3. Cierre de seguridad

Las cerraduras de seguridad están diseñadas de manera que se requiera un acto consciente para abrir o cerrar la puerta desde el exterior. Desde el interior siempre es posible abrir, pero no puede ser cerrada.

Para evitar que el proceso pueda ponerse en marcha dispone de una pletina con varios agujeros en el lateral de la cerradura donde los operarios pueden colocar sus consignas cuando esté la puerta abierta, garantizando su seguridad durante periodos de mantenimiento o cambios de palets.

La cerradura cuenta con tres botones:

- Botón para solicitar acceso: botón con el cual al presionarlo podremos solicitar un acceso al proceso, permitiéndonos entrar en el recinto una vez se haya completado la acción que esté ejecutándose en el momento.
- Botón de reset: dicho botón nos permite reiniciar las alarmas por haber abierto la puerta una vez el personal decida salir del recinto, ya que sin este reinicio el proceso no puede iniciar.
- Botón auto: con este botón podremos activar el modo automático del proceso.



*Ilustración 46. Cierre de seguridad del proceso*

#### ***4.5.4. Barreras fotoeléctricas de seguridad***

Las cortinas fotoeléctricas de seguridad se utilizan en todo el mundo para proteger al personal de las plantas industriales. Son dispositivos de seguridad imprescindibles que no cometen errores, se instalan fácilmente y sustituyen a las vallas convencionales.

En estos sistemas, el transmisor y el receptor ópticos están alojados en gabinetes separados. Un campo de protección, formado por rayos infrarrojos, es emitido por el transmisor y analizado por el receptor de forma constante. Cuando una persona o un objeto interrumpe el campo de protección, se genera una señal para detener el proceso. Posee un alcance proporcional a la distancia máxima entre el emisor y el receptor.



*Ilustración 47. Barreras de seguridad del proceso*

#### 4.5.5. Consigna / bloqueo LOTO

La consigna personal o bloqueo LOTO (acrónimo en inglés de lockout/tagout que significa bloqueo/etiquetado) se emplea para mantener a salvo a los empleados de los equipos de la maquinaria cuando estén operando dentro del recinto hasta que se completen los trabajos de mantenimiento o reparación.

El funcionamiento es sencillo. El personal cuenta con un candado personal el cual se coloca en los cierres de seguridad para que estos no puedan ser cerrados sin haber quitado antes la consigna. De esta forma, el proceso no puede iniciarse hasta que el operario salga del recinto, quite la consigna y reinicie la alarma de la puerta.

Las consignas cuentan con una foto para poder identificar el dueño de este.



*Ilustración 48. Consigna personal*

#### ***4.5.6. Real Decreto 1215/1997***

La adecuación del Real Decreto 1215/1997 es necesaria para aquellas máquinas que carecen de marcado CE, marcado el cual garantiza por parte del fabricante que el producto que se está comercializando ha llevado a cabo una serie de evaluaciones y cumple con los requisitos de seguridad y salud especificados en el reglamento del producto.

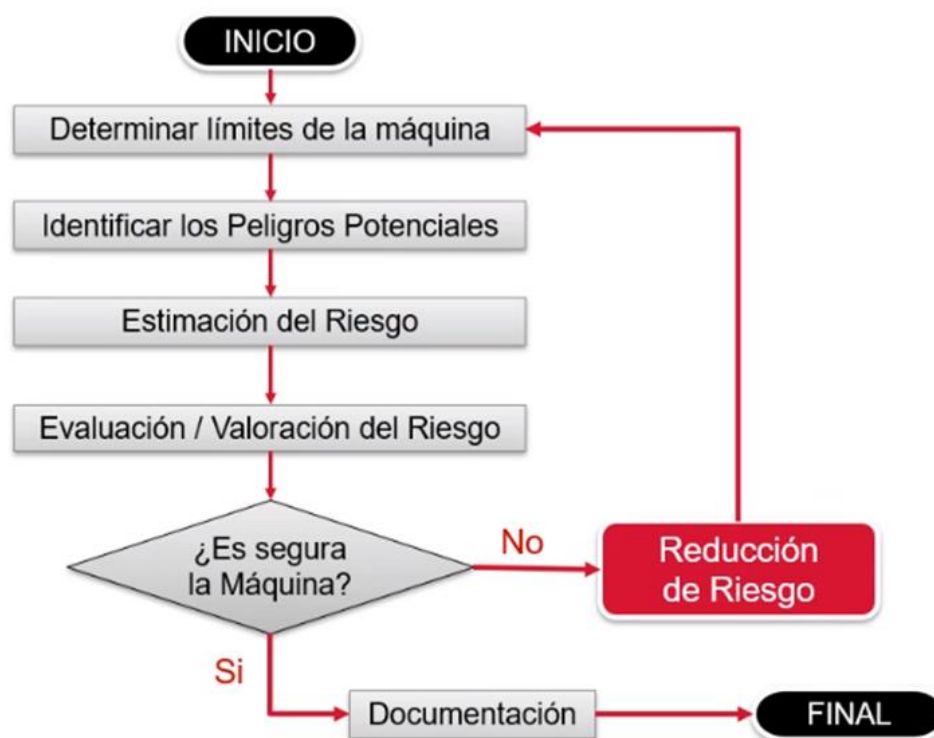
El Real Decreto 1215/97 es una ley por la que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Según dicho decreto, es el empresario quien deberá adoptar las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse, y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y salud de los trabajadores.

Según el Real Decreto 1215/97 es obligación del empresario por ley a adecuar la maquinaria y el acceso a los equipos de trabajo, como por ejemplo:

- Crear accesos seguros a la maquinaria, almacenes automatizados y elementos generales.
- Adecuar zonas de tránsito.
- Acceso a cubiertas.
- Andamios y plataformas móviles.
- Sistemas definitivos de seguridad: barandillas y escaleras verticales.

Para ello se precisan de unos requisitos esenciales de seguridad y salud con el fin de cumplir con el R.D. 1215/97 especificados en la siguiente imagen:



*Ilustración 49. Análisis y evolución de riesgos (formación R.D. 1215/97, EUCHNER)*

## 4.6. NUEVA REFERENCIA

Uno de los objetivos propuestos en el TFG fue el de la creación de una nueva referencia de corte para el proceso de la postcutting. La referencia en cuestión ha sido diseñada en base a otras referencias con

el fin de crear una con cierto sentido a la hora de un hipotético procesado. Todo lo propuesto a continuación es Lo primero de todo es escoger el nombre en cuestión de la referencia: TFG0001-A

Las dimensiones de la chapa y el tiempo estimado de ciclo serían las siguientes:

- Tiempo estimado de ciclo: 20 segundos.
- Largo de la chapa: 750.00 mm.
- Ancho de la chapa: 575.00 mm.
- Espesor de la chapa: 2.5 mm.

Se procedería con 6 cortes a lo largo de la chapa con el fin de obtener una chapa de 125.00x575.00 mm.

Modelo	Comentario				
3	TFG0001-A				
<u>Palet Entrada</u>	<u>Pilas Entrada</u>	<u>Piezas por pila Salida</u>	<u>Dimensión Chapa Largo</u>	<u>Espesor Chapa</u>	
1	4	140	750.00	2.5	
<u>Palet Salida</u>	<u>Pilas Salida</u>	<u>Piezas garra R2</u>	<u>Dimensión Chapa Ancho</u>	<u>N cortes</u>	
1	4	2	575.00	0	
			<u>Anchura Corte</u>		
			0.0000		

*Ilustración 50. Especificaciones generales de la nueva referencia*

Para asegurarnos de obtener un correcto posicionamiento, habilitaremos la mesa inclinada para el Robot1 y la desactivaremos para el Robot2. La mesa de medición no hará falta tenerla habilitada ya que el espesor es suficientemente elevado como para no optar a un solape de dos chapas a la hora de ser recogidas por el Robot1.

La cizalla Gasparini quedará inhabilitada ya que no es preciso perfeccionar el canto laser de las chapas.

Los datos del servo motor serían los siguientes:

- Posición "home": 150.00 mm.
- Primera movimiento de velocidad: 75.00 mm/s.



- Velocidad de alimentación de corte: 500.00 mm/s.
- Aceleración de expulsión: 1200 mm/s<sup>2</sup>.
- Offset del primer corte: 191.18 mm.
- Velocidad de desplazamiento: 100.00 mm/s.

## 4.7. MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un conjunto de actividades destinadas a mantener o reestablecer un bien a un estado o a unas condiciones dadas de seguridad en el funcionamiento para cumplir con una función requerida. Dichas actividades suponen una combinación de prácticas técnicas, administrativas y de gestión. Encontramos las siguientes actividades:

- Prevenir y/o corregir averías.
- Cuantificar y/o evaluar el estado de los sistemas.
- Aspecto económico (costes)

Al realizar un buen mantenimiento buscamos; evitar, reducir y, si es preciso, reparar los fallos sobre los bienes; disminuir la gravedad de los fallos que no se hayan podido evitar; minimizar detenciones inútiles y paros de la maquinaria; evitar incidentes y velar por la seguridad del personal; conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación; prolongar la vida útil de los bienes.

Algunas personas hacen una analogía con el mantenimiento de la salud con las personas, apareciendo la siguiente definición: "el mantenimiento es la medicina de las máquinas".



*Ilustración 51. Analogía del mantenimiento de la medicina (Diseño y Mantenimiento de Sistemas Mecatrónicos, Carmelo José Borque Horna)*

Encontramos una clasificación muy variada de los tipos de mantenimiento dependiendo de tipos de mantenimientos clásicos o tradicionales. En los siguientes apartados se detallan tres tipos de mantenimiento que se llevan a cabo a diario en la empresa.

#### 4.7.1. Mantenimiento preventivo

Es un mantenimiento totalmente planeado que implica la reparación o el reemplazo de componentes a intervalos fijos, efectuándose con el fin de hacer frente a posibles fallos que pueden ocasionar fallos funcionales en el sistema.

#### 4.7.2. Mantenimiento preventivo autónomo

El mantenimiento preventivo autónomo es realizado por los operarios de turno de forma habitual. Se encargan de una serie de tareas que no precisan de una formación profesional especificadas a continuación:

- Asegurar tornillos mediante el apriete.
- Engrasar los equipos
- Limpiar la maquinaria
- Revisar las fuentes de seguridad.

#### 4.7.2.1. Mantenimiento preventivo profesional

El mantenimiento preventivo profesional se realiza por parte del personal de mantenimiento, los cuales poseen una gran cualificación. Se encargan de una variedad de tareas para asegurar el funcionamiento adecuado y eficiente de los equipos y sistemas. Encontramos tareas como la reparación de equipos, instalación y montaje de sistemas, registro y documentación, etc.

Podemos dividir las actuaciones que cumplen periódicamente en los siguientes subapartados

- Mantenimiento preventivo mecánico: el personal de mantenimiento se encarga de la revisión de las cuchillas de la cizalla Accurshear y de la cizalla Gasparini.

Esta intervención se realiza con una frecuencia anual y tiene una duración aproximada de 4 horas por cizalla, precisando un único operario para la tarea.

- Mantenimiento preventivo de software: consiste en realizar una copia de seguridad del programa del PLC, del programa del regulador del empujador y del programa de los robots ABB.

Este tipo de intervenciones se realizan anualmente y tienen una duración media de 10 minutos por copia de seguridad. Una parte positiva de esta intervención es la posibilidad de realizarla mientras el proceso está en funcionamiento.

- Mantenimiento preventivo hidráulico: al realizar esta tarea, el personal de mantenimiento deberá verificar la integridad de los aceites y de las grasas de los robots ABB según los estándares del fabricante y cambiar el aceite y realizar una limpieza del depósito de ambas cizallas.

Cuenta con una frecuencia anual y un tiempo estimado de 8 horas por cada proceso, precisando de 2 personas para todas las tareas.

- Mantenimiento preventivo neumático: a la hora de realizar este tipo de mantenimiento los operarios deberán comprobar y regular que la presión de la unidad neumática es la correcta (entre 5 y 6 bares), comprobar que está apretado el tornillo y tenemos una presión correcta en la mesa de medición (3 bares aproximadamente), asegurarse de que la pinza del empujador no se mueve con la pinza cerrada, verificar que los topes frontales

estén en su lugar adecuado y comprobar que existen entre 2,5 y 3,5 bares en la mesa de salida.

Las comprobaciones tienen una frecuencia mensual con una duración de 10 minutos por cada tarea.

- Mantenimiento eléctrico-electrónico: a la hora de realizar este mantenimiento en el armario eléctrico se procederá con un reapriete de la tornillería de las bornas y de los contactos eléctricos y una medición del consumo de entrada cuando la máquina está en marcha. Con la cizalla Gasparini también se procederá a realizar un reapriete de la tornillería de las bornas y contactos eléctricos así como una medición del consumo en la entrada de la máquina cuando esté en marcha.

La frecuencia de las intervenciones es anual, con una duración de ambos reaprietes de 1 hora y de 10 minutos ambas mediciones de consumo.

### 4.7.3. Mantenimiento correctivo

Engloba a todas las actividades llevadas a cabo en una industria para corregir las averías o los fallos que se ocasionen en alguna de las etapas de un proceso de producción. Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo una vez se ha producido la avería. Al igual que en el mantenimiento preventivo autónomo, las tareas que surjan serán realizadas por el personal de mantenimiento.

Puede ser un mantenimiento programado o no programado:

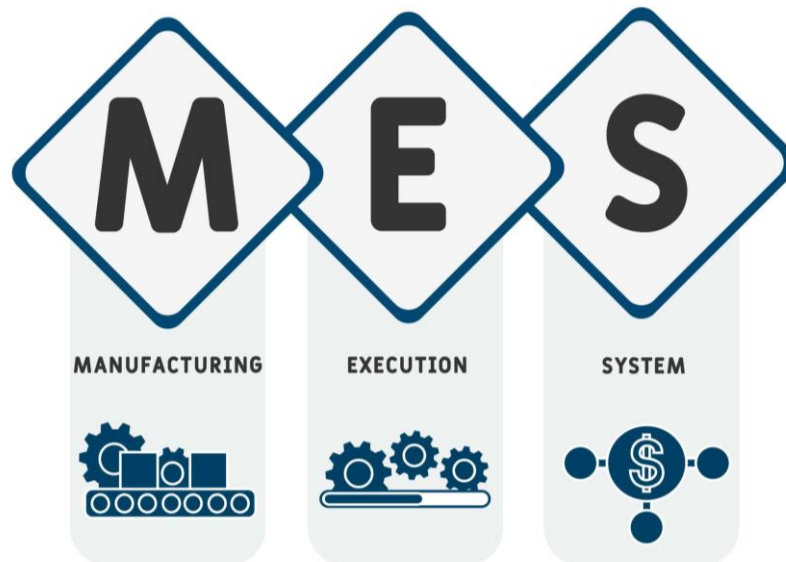
- Programado: al ocurrir la avería, se plantea una reparación con el fin de no alterar el proceso de producción.
- No programado: dicha avería afecta directamente a la producción. El fallo se atiende de inmediato sin una previa contemplación.

## 4.8. CONTROL DE PROCESOS

### 4.8.1. MES

Los sistemas de ejecución de fabricación (MES, siglas provenientes del inglés "Manufacturing Execution System") son sistemas

computarizados y empleados en la fabricación para rastrear y documentar el producto, ayudando así a la productividad y la rentabilidad general del proceso de fabricación ya que está impulsado por información.



*Ilustración 52. MES (Manufacturing Execution System)*

Nace en la década de los 90 debido a una necesidad de monitorizar y mejorar los procesos productivos de las industrias. Hasta la aparición de la Industria 4.0 no se consigue un avance significativo y una implementación en las plantas de producción gracias al auge de los Sistemas Ciber-físicos (hardware + software).

Los sistemas para ejecución de fabricación realizan un seguimiento de una gran cantidad de datos, generando información estratégica en tiempo real, ayudando a aumentar la eficiencia de producción y ahorrar costes. Encontramos, aparte del ya citado, los siguientes beneficios al emplear un MES:

- Mejor control de calidad: ya que la información se transmite en tiempo real se puede detener la producción al momento de detectar un problema, reduciendo residuos, sobras, trabajo extra, etc.
- Mayor tiempo de funcionamiento: un MES genera cronogramas de producción, ayudando a regular los recursos materiales, humanos y de equipamiento.

- Inventario más reducido: ayuda a tener controlado en todo momento el material que existe, ahorrando dinero en fabricación, transporte, almacenamiento, etc.
- Eliminar papel innecesario: al eliminar papel se reducen las oportunidades del error humano, permitiendo también que los datos sean accesibles al instante y ayudando a no malgastar hojas de papel.
- Mejor genealogía y seguimiento de producto: un MES sigue todo el ciclo de producción de principio a fin, permitiendo conocer el origen, el destino o indentificar en cualquier momento algún detalle de un producto en cualquier momento.

#### 4.8.2. Formatos de calidad

Los formatos de calidad permiten establecer y mantener unos estándares de producción empleando una plantilla de plan de control de calidad para definir, planificar y documentar los estándares de control de calidad.

El control de calidad se enfoca en verificar una excelencia de los productos al acabar el proceso productivo, ayudando a establecer un proceso para crear, mantener y mejorar los estándares de calidad de producción. Con un buen control de calidad podemos alcanzar procesos de producción gestionados de forma correcta con un nivel mayor de resultados, acordes a las especificaciones del cliente.

El departamento de calidad es fundamental para planificar y documentar los objetivos de control de calidad, la eficiencia de producción y los esfuerzos de pruebas, así como para determinar el margen de mejora que pueda existir o exigir el cliente. El departamento de calidad de encarga de numerosos aspectos, encargándose de documentar los estándares del control de calidad, ejecutar planes de acción de control de calidad, buscar objetivos de control de calidad, realizar pruebas de control de calidad, etc.

En el caso del proceso de la postcutting, es el departamento de calidad quien debe establecer las dimensiones que ha de tener la pieza final. Las tolerancias se establecen entre el departamento de calidad y el departamento de producción. Ambas magnitudes dependen de las exigencias del cliente.

### 4.8.3. Control de calidad

Un control de calidad es una medida orientada al mejoramiento y estandarización de los procesos con el objeto de garantizar una calidad de los productos y/o servicios que ofrece una empresa.

Es el operario de turno el que se encarga de realizar un chequeo constante del proceso, verificando la operabilidad del conjunto y comprobando de manera visual las remesas de chapas al salir de la postuctting (aparte de otras verificaciones que se realizan posteriormente).

### 4.8.4. Distribución de producto

El procedimiento de carga y descarga del material es efectuado por un personal cualificado con la ayuda de una carretilla con horquillas para llevar los palets al almacén, donde quedará en las instalaciones hasta el momento en el que se precise su distribución.

A continuación, se indican las dimensiones y el peso de la máquina con la que opera el personal cualificado:

<b>Anchura</b>	12.8 m
<b>Profundidad</b>	7 m
<b>Altura</b>	2.125 m

*Tabla 7. Datos técnicos de la carretilla*



*Ilustración 53. Carretilla para la carga y descarga*



## 5. CONCLUSIONES

La investigación llevada a cabo sobre el proceso industrial acerca de la operativa de la postcutting me ha comprendido multitud de tareas y facetas del entorno industrial. Desde la programación del PLC hasta la intervención de los departamentos de mantenimiento y procesos, así como la seguridad en el entorno laboral han sido puntos clave a la hora de comprender la operativa de una empresa grande.

El PLC desempeña un papel crucial en la automatización y control del proceso, permitiendo una gestión eficiente y precisa de las operaciones. Su programación es crucial a la hora de garantizar que todas las etapas del proceso sucedan de manera coordinada, siguiendo unas pautas y requisitos previamente establecidos.

El análisis del proceso permite conocer la importancia de cada componente y etapa del proceso y cómo todo debe ser cuidadosamente monitoreado y ajustado para optimizar la producción lo máximo posible.

La colaboración entre los departamentos de mantenimiento y calidad es vital. El mantenimiento preventivo y correctivo asegura la continuidad y eficiencia operativa, mientras que el departamento de calidad supervisa y verifica que los productos cumplan con los requisitos y estándares especificados.

La seguridad es un pilar fundamental en el entorno industrial de la empresa. La implementación de protocolos de seguridad rigurosos y la capacitación continua del personal son esenciales para prevenir accidentes y asegurar un ambiente de trabajo seguro. La integración de la seguridad en cada fase del proceso vela por la protección de los trabajadores a la vez que contribuye a la eficiencia y eficacia global del proceso industrial.

## 6. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Los objetivos de este Trabajo Fin de Grado están alineados con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y metas, de la Agenda 2030:

- Objetivo 4 - Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.



- Meta 4.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento.

- Objetivo 8 - Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.



- Meta 8.2 Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra

## 7. BIBLIOGRAFÍA

*Documentación de ArcelorMittal*

*Presentación sobre sensores de Pedro Pablo Huerta Abad*

*Formación profesional de la mano de la empresa EUCHNER acerca del Real Decreto 1215/97.*

*Historia de la automatización industrial / Todo sobre su origen.* (2020, May 16). AutomatizacionIndustrial360.com. <https://automatizacionindustrial360.com/historia/>

Admin. (2023, February 27). *La evolución histórica de la polea: una línea del tiempo.* Línea De Tiempo. <https://lineadetiempo.net/la-evolucion-historica-de-la-polea-una-linea-del-tiempo/#Antig%C3%BCedad:%20Las%20Primeras%20Poleas>

Ap, R. (2023, August 31). *Un repaso de la Industria 1.0 a la 4.0.* Ambiente Plástico. <https://ambienteplastico.com/un-repaso-de-la-industria-1-0-a-la-4-0/>

Tremosa, L. (2019, February 7). *50 años del PLC: de la 3ª a la 4ª revolución industrial - infoPLC.* <https://www.infoplcn.net/plus-plus/tecnologia/item/106209-50-aniversario-plc>

Tools, D. (2018, May 6). *Revolución industrial – de industria 1.0 a industria 4.0.* Desoutter Industrial Tools. <https://www.desouttertools.mx/industria-4-0/noticias/1015/revolucion-industrial-de-industria-1-0-a-industria-4-0>

ArcelorMittal España. (2024, April 30). *Inicio / ArcelorMittal España.* <https://spain.arcelormittal.com/>

colaboradores de Wikipedia. (2023, May 24). *ArcelorMittal.* Wikipedia, La Enciclopedia Libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/ArcelorMittal>

*Company development.* (n.d.). siemens.com Global Website.

<https://www.siemens.com/global/en/company/about/history/company.html>

Colaboradores de Wikipedia. (2024, April 3). *Siemens AG*. Wikipedia, La Enciclopedia Libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Siemens\\_AG](https://es.wikipedia.org/wiki/Siemens_AG)

Yuridia. (2024, April 16). *Sensores*. SDI. <https://sdindustrial.com.mx/blog/sensores/>

*Sensores, características estáticas y dinámicas.*

<http://artemisa.unicauca.edu.co/~gavasquez/res/Sensores.pdf>

Mecafenix, I. (2023, November 22). *Que son los sensores, que tipos existen y cómo funcionan*. Ingeniería Mecafenix.

[https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/guia-sensores/#google\\_vignette](https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/guia-sensores/#google_vignette)

Javired, & Javired. (2022, August 28). *Qué es un sensor capacitivo: Funcionamiento y sus aplicaciones*. Electrositio. <https://electrositio.com/que-es-un-sensor-capacitivo-funcionamiento-y-sus-aplicaciones/>

Yuridia. (2023, October 10). *Sensor inductivo*. SDI.

<https://sdindustrial.com.mx/blog/sensores-inductivos/>

Pepperl+Fuchs. (2021, October 11). *Sensores inductivos / Tipos de salida*.

Pepperl+Fuchs. <https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/39804.htm#>

Mecafenix, I. (2023, November 29). *Que es un final de carrera y para qué sirve*.

Ingeniería Mecafenix. <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/final-de-carrera/>

R, J. L. (2022, September 10). ENCODER | Que es, para que sirve, tipos y cómo funciona. *ComoFunciona*. <https://como-funciona.co/un-encoder/>

Securitas Direct. (2023, May 17). *Sensor de humedad: qué es, funcionalidad y usos*. Blog De Seguridad - Securitas Direct. <https://www.securitasdirect.es/blog/sensor-de-humedad-como-funciona/>

Yuridia. (2023, June 21). *Actuadores*. SDI. <https://sdindustrial.com.mx/blog/actuadores/>

Romero, P. (2021, December 7). *¿Qué es un Sistema MES (Manufacturing Execution System)?* Geinfor ERP. <https://geinfor.com/sistema-mes-manufacturing-execution-system/>

Industry Surfer. (n.d.). *El único blog de industria y manufactura en español*. <https://industrysurfer.com/>

Joy, A. T. (2024, May 8). *Qué es un Actuador - Tipos y Aplicaciones*. Tameson.es. <https://tameson.es/pages/actuador>

ClasificaciónDe. (2019, December 8). *Tipos de actuadores*. ClasificaciónDe. <https://www.clasificacionde.org/tipos-de-actuadores/>

¿Qué es un actuador mecánico? - Spiegato. (2021, July 25). *Spiegato*. <https://spiegato.com/es/que-es-un-actuador-mecanico>

¿Qué es un actuador térmico? - Spiegato. (2021, July 25). *Spiegato*. <https://spiegato.com/es/que-es-un-actuador-termico>

Jimar, T. T. (2023, December 13). *Las mejores marcas de chapas para coche: las mejores chapas de coche*. Talleres Jimar. <https://talleresjimar.es/las-mejores-marcas-de-chapas-para-coche-la-mejores-chapa-de-coche/>

Maqmetal. (2021, April 13). *La célula robotizada: una nueva manera de trabajar - Maqmetal*. Maqmetal. <https://maqmetal.com/celulas-robotizadas-industria/>

ArcelorMittal. (2015, November 19). *Laser Welded Blanks Steel solutions for automotive* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=juYVfTCBYis>

*Tailored blanks*. (n.d.).  
[https://automotive.arcelormittal.com/tailored\\_blanks\\_home/overview](https://automotive.arcelormittal.com/tailored_blanks_home/overview)

*Flat products - our global offer*. (n.d.).  
[https://automotive.arcelormittal.com/products/flat/product\\_catalogue](https://automotive.arcelormittal.com/products/flat/product_catalogue)

Zambelli, R. (2023, May 22). *Descubra qué es WCM y los beneficios de aplicarlo en la práctica*. Blog | Checklist Fácil. <https://blog-es.checklistfacil.com/wcm-world-class-manufacturing/>

*AEC - World Class manufacturing*. (n.d.). <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/world-class-manufacturing>

*WCM - World Class Manufacturing*. (n.d.). <https://www.wcm.com/>

Vidal, S. (2023, October 7). *Sistemas de control ¿Qué es? tipos, función y más*. Campus Habitat. <https://tecnobits.com/sistemas-de-control-que-es-tipos-funcion-y-mas/>

Felipe Mateos (2001, Nov). *Estandarización con autómatas programables*.  
<http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>

*Pirámide de automatización industrial.* (n.d.). Genially.

<https://view.genially.com/649cc5087f5fbf00198902e9/horizontal-infographic-diagrams-piramide-de-automatizacion-industrial>

Rojo, O. (n.d.). *1-Sistemas SCADA y Pantallas HMI.* Scribd.

<https://es.scribd.com/document/396156560/1-Sistemas-SCADA-y-Pantallas-HMI>

¿*Qué es la periferia descentralizada?* (2021, Jun 2). Autracen Soluciones

Industriales 4.0. <https://www.autracen.com/blog/viajes-1/que-es-la-periferia-descentralizada-49>

D. Rosendo Caler Rubio (2015, Jun, 30). *Análisis y estudio de comunicaciones industriales para implementar arquitectura de comunicaciones estándar en Planta Estándar de Ciclo Combinado.*

<https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/29059/TFM-Caler-Rubio-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

*IRB 6700 | ABB Robotics.* (n.d.). Robotics.

<https://new.abb.com/products/robotics/robots/articulated-robots/irb-6700>

*Accurshear 61358 - USA.* (n.d.). Kitmondo.

<https://www.kitmondo.com/es/listing/cizalla-hidraulica-accurshear-usada-d-p20217012/>

MachineWeb Inc. (n.d.). *ACCURSHEAR 61358 Cizallas de Corte Recto (por Calibre) - MachineTools.com.* <https://www.machinetools.com/es/models/accurshear-61358>

Montega. (2023, March 10). ¿Qué elementos tiene un armario eléctrico industrial? - Montega. *Montega.* <https://montega.es/blog/que-elementos-tiene-un-armario-electrico-industrial/>



- Loxone Electronics. (2016, January 11). *Bornes de conexión. ¿Por qué utilizarlos?*  
ESES Loxone. <https://www.loxone.com/eses/blog/bornes-de-conexion-porque-utilizarlos-en-el-cuadro-electrico/>
- Insametal. (2023, July 20). *Vallados de Seguridad - Protección y prevención - Insametal S.A. Pantallas Acústicas - INSAMETAL S.A.* <https://insametal.es/vallados-de-seguridad-proteccion-y-prevencion-2/>
- Aula. (2023, May 23). *¿Qué es el bloqueo y etiquetado LOTO? - Seguridad industrial. aula21 | Formación para la Industria.* <https://www.cursosaula21.com/que-es-el-bloqueo-y-etiquetado-loto/>
- Cerraduras de seguridad.* (n.d.).  
<https://www.starautomation.es/productos/cerraduras-de-seguridad>
- ¿Qué es exactamente una cortina fotoeléctrica de seguridad? | SICK.* (n.d.).  
<https://www.sick.com/es/es/que-es-exactamente-una-cortina-fotoelectronica-de-seguridad/w/blog-definition-safety-light-curtain/>
- ¿Qué es el Real Decreto 1215? • Proalt Ingeniería.* (n.d.). Proalt Ingeniería.  
<https://www.proalt.es/real-decreto-1215-97/>
- Marcado CE. ¿Qué es y cómo identificarlo?* (2023, August 3). Comunidad De Madrid. <https://www.comunidad.madrid/servicios/consumo/marcado-ce-es-identificarlo>

Uribe, I. (2024, March 8). *Mantenimiento industrial: correctivo, preventivo y predictivo*. Secmotic. <https://secmotic.com/mantenimiento-industrial-correctivo-preventivo-y-predictivo/#gref>

Del Solar, M. (2024, May 24). *¿Qué es un Sistema MES (Manufacturing Execution System)?* ZEO Technology. <https://zeotechnology.com/blog/sistema-mes-manufacturing-execution-system/>

SAP SE. (n.d.). *¿Qué es un Sistema de ejecución de fabricación (MES)?* / SAP Insights. SAP. <https://www.sap.com/latinamerica/products/scm/execution-mes/what-is-mes.html>

Eby, K. (n.d.). Plantillas de control de calidad. *Smartsheet*. <https://es.smartsheet.com/content/quality-control-templates>



## Relación de documentos

(\_) Memoria      107    páginas

(X) Anexos      102    páginas

La Almunia, a 27 de 05 de 2024



Firmado: Yeraí Cardiel Recio