



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MASTER

**INSTALACIÓN DE SOLDADURA DE COMPONENTES DE VEHÍCULOS
PARA EL SECTOR DE LA AUTOMOCIÓN**

Autor: D. David Orgaz Díaz
Tutor: D. Antolín Lorenzana Iban

Valladolid, Julio, 2018

RESUMEN

Las instalaciones robotizadas de soldadura de componentes para el sector de la automoción son instalaciones complejas que abarcan diferentes campos de la ingeniería para su fabricación. Estos departamentos tienen que estar interconectados tanto en las fases de concepto, como en el diseño, como en la fase de montaje y la fase de construcción de la celda robotizada para que el resultado sea el esperado: la fabricación de componentes para vehículos, con un precio unitario bajo, un tiempo de ciclo muy reducido y un nivel de calidad muy competitivo.

ABSTRACT

Robotic welding facilities for components for the automotive sector are facilities that cover different fields of engineering for their manufacture. These departments have to be interconnected so in the concept phases, as in the design, as in the assembly phase and the construction phase of the robotic cell so that the result is as expected: the manufacture of components for vehicles, with a low unit price, very reduced cycle time and very competitive quality level.

PALABRAS CLAVE

Instalación, robot, automoción, diseño y construcción.

KEYWORDS

Facilities, robot, automotive, design and construction.

AGRADECIMIENTOS

Al fin llegó uno de los momentos más importantes de mi vida, después de más de dos cursos de duro trabajo para conseguir el título para el que habilita el Máster en Ingeniería Industrial, quisiera mostrar mi más profundo agradecimiento a todas esas personas que han compartido conmigo cada momento de esta etapa tan intensa de mi vida. Por todo lo anterior deseo dedicarles el presente trabajo, por su ayuda, apoyo y comprensión. Asimismo quisiera agradecerles porque esta etapa no hubiera sido lo mismo sin ellos.

De nuevo, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a toda mi familia, en especial a mis padres por la oportunidad que me han dado en la vida, porque si no hubiera sido por ellos jamás habría llegado hasta aquí y a mi hermana por haberme ayudado en todo momento.

A todos mis compañeros de la universidad que he tenido durante todos estos años, con los que he compartido muy buenos momentos y otros no tan buenos y con los que espero seguir contando el día de mañana.

A todos los compañeros de trabajo de la empresa INTEROB, por los buenos ratos y los no tan buenos que nos toca pasar todos los días.

También quiero agradecer a todos los profesores de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid por su trato y dedicación durante estos años.

Especialmente, quiero agradecer por su dedicación al Tutor de este trabajo, el profesor Dr. Antolín Lorenzana Ibán del departamento de Construcciones Arquitectónicas, Ingeniería del Terreno y Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, por haberme mostrado su apoyo, sabiduría y comprensión en todo momento.

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Motivación.....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Estructura del trabajo.....	2
2.	CONCEPTOS DE DISEÑO DE INSTALACIONES.....	3
2.1	Útiles de soldadura.....	4
2.2	Útiles de paso.....	5
2.3	Robot de soldadura.....	5
2.4	Robot de manipulación.....	6
2.5	<i>Conveyors</i>	7
2.6	<i>Buffers</i>	8
2.7	Prensas de soldadura.....	8
2.8	Marcadoras.....	9
2.9	Pinzas estáticas.....	10
2.10	Mesas de giro para utillajes.....	10
2.11	Cerramientos.....	11
2.12	Puesto de retrabajo y supervisión.....	12
2.13	Equipos de fresado y limpieza.....	12
2.14	Plataformas.....	14
3.	LAYOUT DE LA INSTALACIÓN.....	15
4.	VALIDACIÓN Y LISTADO DE REMARCAS.....	19
5.	INSTALACIONES.....	21
5.1	Elementos eléctricos empleados.....	21
5.2	Unidades principales eléctricas empleadas.....	29
5.3	Armario eléctrico del PLC.....	38
5.4	Conexión de la instalación vía PROFINET.....	48
5.5	Cálculo de la iluminación.....	50
5.6	Instalaciones de fluidos.....	51
5.7	Instalaciones de humos, gases y vapores.....	52
5.8	Documentación a entregar al finalizado del proyecto.....	52
6.	SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.....	55
6.1	Planificación de actividades.....	55
6.2	Estimación económica de la instalación.....	56

7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	59
7.1 Conclusiones.....	59
7.2 Trabajos futuros.....	59

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

- 1- Layout instalación
- 2- Documentación eléctrica armario de soldadura
- 3- Tabla de entradas y salidas
- 4- Planning del proyecto

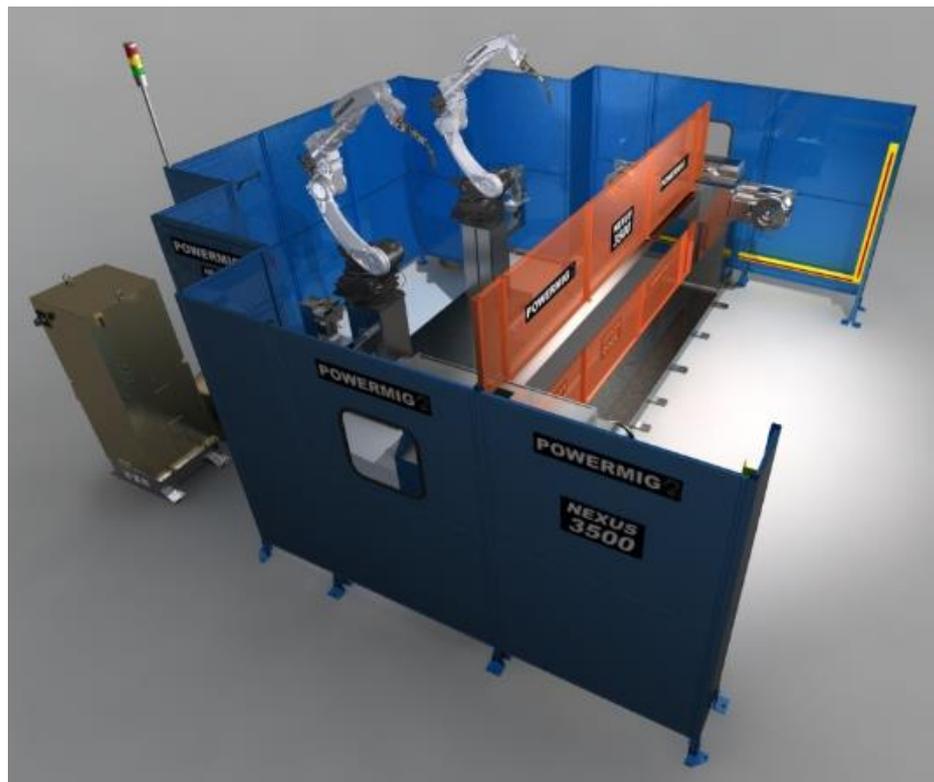
1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

La creciente demanda de vehículos en los países desarrollados y de los que están en vía de desarrollo, hace que los fabricantes de automóviles tengan que ajustarse a esta demanda, lo que provoca que este tipo de marcas tengan que aumentar sus capacidades de fabricación.

La producción en serie de estos vehículos hace que se tenga que disponer de procesos productivos muy eficientes, con la menor cantidad de recursos posible para poder tener un precio competitivo en los mercados internacionales. Este hecho provoca que las fábricas del sector de la automoción tengan procesos cada vez más automatizados con el objetivo de producir la máxima cantidad de vehículos en el menor tiempo posible.

En la fabricación de un automóvil intervienen diferentes departamentos de producción (chapa, montaje, motores, etc.) en los que hay que exigir todos los requisitos anteriormente mencionados, como es el caso del departamento de chapa que es el encargado de la fabricación y ensamblado de todas y cada una de las piezas que componen la carrocería del coche. Estos componentes son fabricados por estampación y ensamblados en celdas de soldadura.



Fuente: (POWERMIG, 2018) [\[1\]](#)

Figura 1.1.1 – Celda robótica para soldadura.

1.2 Objetivos

El presente trabajo tratará de dar una visión general de la fabricación de las celdas de soldadura que se construyen para el sector de la automoción.

Del mismo modo, se profundizará en cada uno de los departamentos que intervienen en la fabricación de este tipo de instalaciones así como de la importante conexión que tiene que haber entre ellos.

Se hará el seguimiento a las diferentes etapas de la construcción de este tipo de celdas, desde la fase de concepto de éstas, pasando por el diseño de las mismas hasta su puesta en funcionamiento de las mismas, pasando por la fabricación, el montaje, la programación, etc.

También se verán los motivos por los que una celda como la objeto de estudio es una de las mejores opciones para la fabricación de instalaciones por la que se está apostando fuertemente en la actualidad.

1.3 Estructura del trabajo

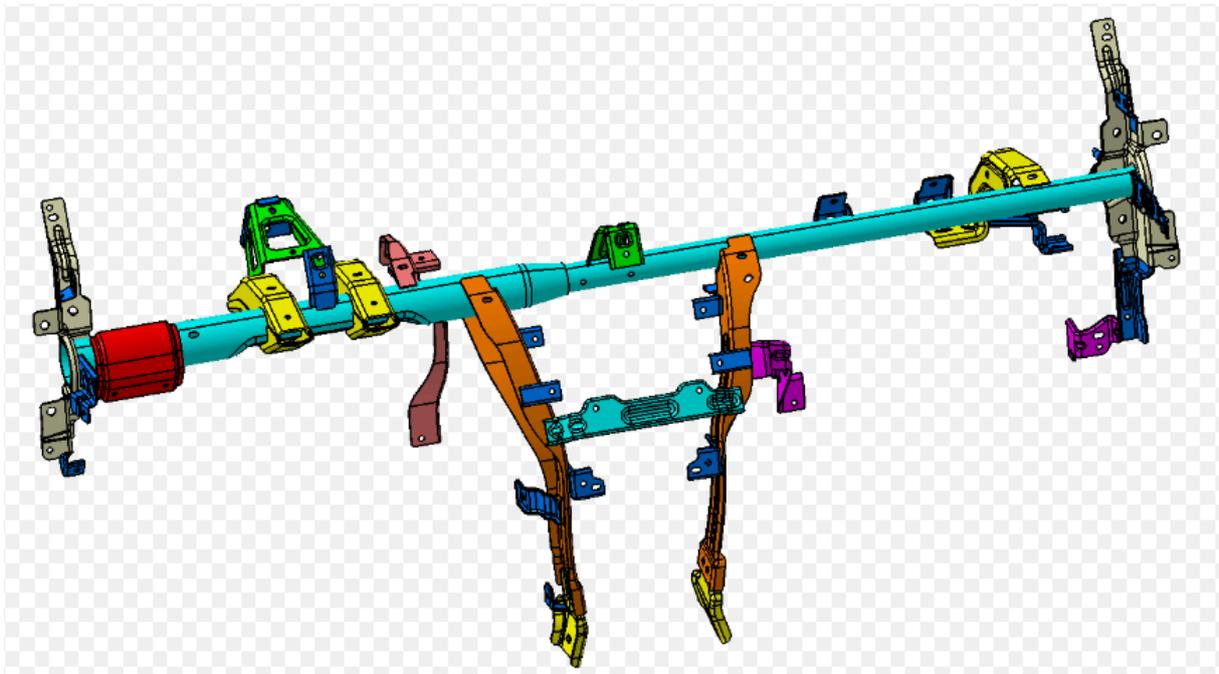
Tal y cómo se ha explicado en el punto anterior, se hará un seguimiento a la construcción de las celdas robotizadas. El trabajo comenzará con un listado de los diferentes elementos más típicos que suele haber en este tipo de instalaciones.

Una vez vistos los elementos más comunes que nos podemos encontrar en las instalaciones, nos centraremos en un ejemplo de instalación que se ha fabricado centrándonos en la parte mecánica y eléctrica que compone la misma. Se hará hincapié en el seguimiento del proyecto que hay que hacer para la fabricación de la misma.

Para concluir veremos alguna comprobación que se suele exigir para la validación de estas instalaciones.

2. CONCEPTOS DE DISEÑO DE INSTALACIONES

Partimos de la necesidad del cliente de que hay que ensamblar una determinada pieza que va en una parte del vehículo y que tiene que tener unos requisitos en cuanto a calidad, coste y tiempo de ciclo (tiempo que se tarda en fabricar 1 pieza).



Fuente: (RPWORLD, 2018) [\[2\]](#)

Figura 2.0.1 – Imagen de un *Cross Car Beam*.

En la anterior imagen observamos un diseño 3D de una pieza que se coloca debajo del salpicadero del vehículo y suele ser ensamblada por soldadura MIG (más adelante se explicará los tipos de soldadura más comunes para el ensamblado de vehículos).

Para el ensamblado del producto final, se va a partir de todos los componentes por separado y se van a ir uniendo según el diseño determinado para este producto. Este ensamblado puede hacerse desde en celdas que tienen una sola operación, hasta celdas con múltiples operaciones. El ensamblado de esta pieza tiene que tener unos requisitos propuestos por el cliente, como por ejemplo, un determinado tiempo de ciclo para la instalación, un volumen de fabricación anual de piezas, una eficiencia técnica de la máquina y una capacidad de la máquina (*Cmk*).

Conocido los datos iniciales del proyecto y partiendo del archivo 3D del producto final, se comienza con el diseño de la instalación y de cada uno de los elementos que nos podemos encontrar en una celda de soldadura y que vamos a pasar a detallar a continuación. Hay que recalcar que todos estos elementos no tienen por qué llevarlos en todas las instalaciones, ya que será en función de la definición del proceso.

2.1 Útiles de soldadura

Se pueden diseñar tantos útiles de soldadura de cada uno de los componentes como sea necesario en cada una de las instalaciones para cumplir los requisitos iniciales impuestos. Para la definición de este proceso es muy importante la experiencia, ya que suelen ser proyectos muy complejos y un fallo de concepto inicial puede llegar a tener un desenlace fatal para el proyecto. Estos útiles tendrán que cumplir una serie de especificaciones:

- Tipo de soldadura que se va a realizar: CMT (*Cold Metal Transfer*), MIG (*Metal Inert Gas*), MAG (*Metal Active Gas*), por puntos (*Spot Welding*), etc.
- Regulación independiente mediante calas de reglaje en cada una de las referencias donde apoyan los diferentes componentes de la pieza para poder controlar la geometría de la pieza.
- Buena repetibilidad del utillaje con el fin de conseguir una buena calidad geométrica del componente final soldado.
- Mantenimiento en la vida útil del utillaje, bien sea para que sea fácil cambiar cualquier repuesto del mismo en caso de fallo o para que el deterioro del útil no sea muy elevado debido al uso continuado de este.
- Otros requisitos como por ejemplo, fácil extracción de los útiles de la instalación con carretilla, fácil extracción de la instalación con puente grúa, taladros de control para referenciado de brazos de medición o robots, etc.



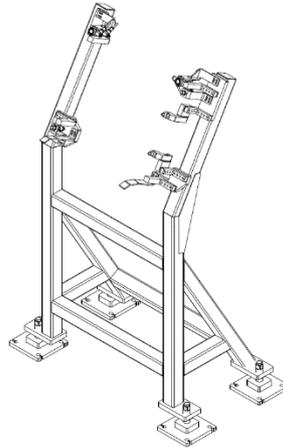
Fuente: (INTEROB, 2014)

Figura 2.1.1 – Imagen de un útil de soldadura por resistencia con el producto final cargado.

Normalmente es el cliente el que suele poner los requisitos de diseño de los utillajes, ya que el cliente tiene que elegir desde el color en el que van pintados los diferentes elementos, de las referencias comerciales que se van a usar, tipo de tornillería de montaje de todos los grupos que componen el útil, etc.

2.2 Útiles de paso

Se trata de útiles que no dan geometría¹ en la pieza final y sirve para que se pueda pasar la pieza de una estación a otra, por lo general un robot deja en este útil, se retira y a continuación llega otro para coger esta pieza y llevarla a otra estación diferente. Este elemento hace que una pieza pueda ser transportada a lo largo de la instalación sin utilizar medios humanos.



Fuente: (INTEROB, 2017)

Figura 2.2.1 – Imagen de un útil de paso para dejada y cogida de producto.

2.3 Robot de soldadura

Son los encargados de soldar cada uno de los componentes de la pieza. Se trata de robots comerciales que tienen incorporado en la muñeca el accesorio de soldadura, bien sea para hilo o por resistencia. Es necesario programar todas las trayectorias (tanto de soldadura como de posicionamiento) del mismo para poder obtener una calidad de soldadura adecuada.

¹ No dar geometría, en la parte de metrología, equivale a que el producto ya tiene los componentes soldados y la posición relativa entre éstos no se puede modificar, por lo que no es necesario respetar los grados de libertad de cada uno de los componentes y sí hacerlo de la pieza completa.



Fuente: (EUROBOTS, 2018) [\[3\]](#)

Figura 2.3.1 – Imagen de un robot comercial con pinza de soldadura.

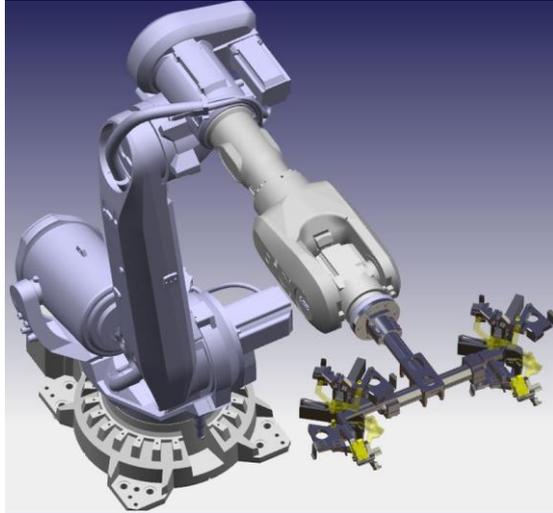
No se venden robots con elementos de soldadura incorporados. Lo más normal es que el robot sea de un fabricante y el elemento de soldadura sea de otro fabricante pero ambos son compatibles.

El tipo de robot es elegido en función de la aplicación que vaya a tener y la configuración del elemento de soldadura irá en función del producto a soldar.

2.4 Robot de manipulación

Al igual que para el caso anterior, se trata de robots de marcas comerciales pero la diferencia con los anteriores, es el accesorio que se añade en la muñeca del robot (extremo del robot), en este caso va a ser “una garra de manipulación” que va a permitir trasladar el producto soldado por las diferentes operaciones que sean necesarias en la instalación.

Para este caso, la garra de manipulación que tiene el robot se diseña según las necesidades del producto y de la instalación en la que se integra y el robot se elige en función de los requisitos del proyecto.



Fuente: (INTEROB, 2017)

Figura 2.4.1 – Imagen de un robot de manipulación.

2.5 Conveyors

Se trata de cintas transportadoras o útiles giratorios y móviles que se encargan de pasar componentes desde un lugar a otro gracias al arrastre por un motor de los mismos. Son muy comunes los *conveyors* de salida de una instalación, donde el robot deja el producto soldado sobre éste y avanza hasta la zona dónde está colocado el operario donde la recoge, aunque también pueden usarse para introducir componentes en la instalación (al revés que para el caso anterior), o para el traslado de piezas entre estaciones.

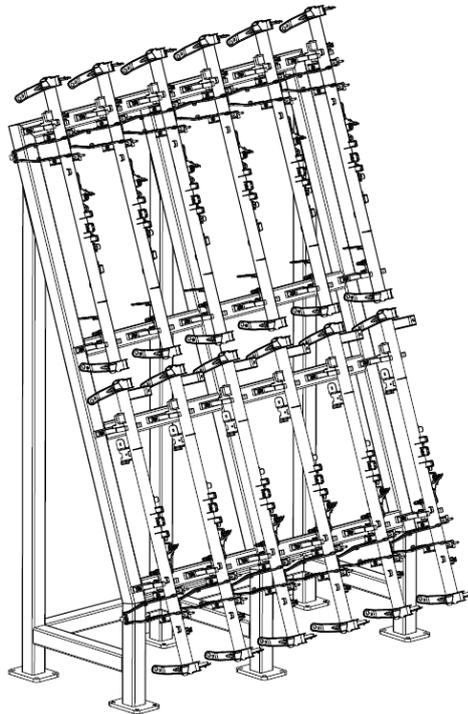


Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 2.5.1 – Imagen de una cinta de salida de piezas.

2.6 Buffers

Del inglés almacén, tal y como indica la misma palabra son estructuras que almacenan productos, bien sea terminados o no completos con el fin de asumir los desvíos entre dos instalaciones contiguas.



Fuente: (INTEROB, 2016)

Figura 2.6.1 – Imagen de un buffer intermedio entre dos instalaciones.

Este tipo de elementos permiten a las instalaciones funcionar en modo degradado (una instalación está en funcionamiento mientras la contigua está parada), pero también puede tener otros fines como por ejemplo dejar enfriar la pieza con motivo del calentamiento que ha experimentado debido a la soldadura de la misma.

2.7 Prensas de soldadura

Como es sabido, una pinza de soldadura produce un punto de soldadura por medio de la unión de dos chapas de bajo espesor con dos requisitos fundamentales: la presión ejercida y la intensidad eléctrica. Cuando alguna de las piezas es de mayor espesor se usan prensas de soldadura. Un ejemplo de aplicación es la unión de una tuerca con una chapa. La tuerca posee unas pequeñas protuberancias que al ejercerse presión contra la chapa y circular una elevada intensidad, se funden provocado el soldado de ambas.

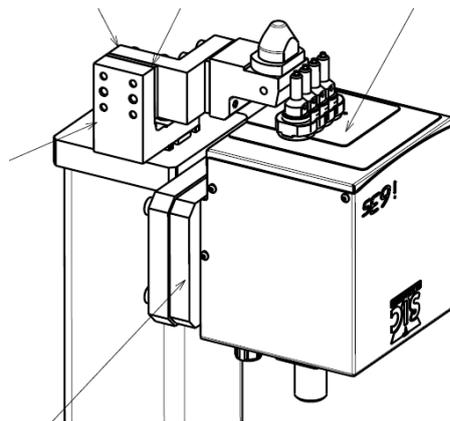


Fuente: (INTEROB, 2016)

Figura 2.7.1 – Imagen de una chapa con una tuerca soldada con una prensa con protuberancias.

2.8 Marcadoras

Se trata de elementos comerciales que graban la referencia que se programe en una parte de un determinado componente con el fin de identificar la información y tener trazabilidad sobre el mismo: lote de fabricación, semana, máquina con la que se ha fabricado, etc. Como norma general todos los componentes unitarios tienen que poseer una referencia y el producto final con todos éstos soldados también. Este tipo de puestos se encuentran al final del proceso.



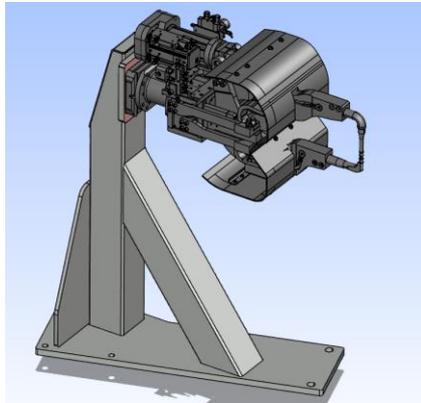
Fuente: (INTEROB, 2017)

Figura 2.8.1 – Imagen de un poste de marcado de un producto finalizado.

Para el caso anterior, el robot posiciona la pieza sobre el poste y se activa el proceso de marcado. Acto seguido el robot se retira para continuar el proceso.

2.9 Pinzas estáticas

No todas las pinzas de soldadura que sueldan en una instalación tienen que ir embarcada en un robot. En algunos casos pueden ir aisladas con el fin de dar puntos de soldadura fuera de un utillaje y así disminuir el tiempo de ciclo en la instalación.



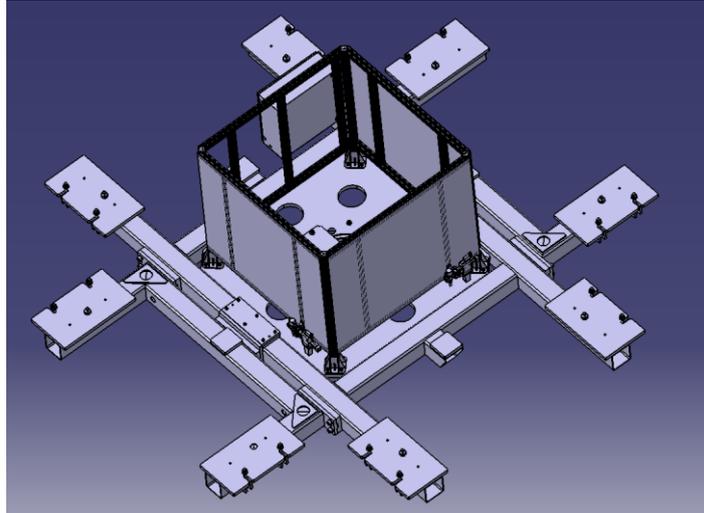
Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 2.9.1 – Imagen de un poste con una pinza estática de soldadura.

Al igual que en las pinzas que van embarcadas en los robots, el modelo de pinza se va a seleccionar en función de la geometría de la pieza, ya que es importante que sea accesible a todos los puntos que tenga que dar.

2.10 Mesas de giro para utillajes

Por lo general, consta de dos partes, una comercial y otra diseñada y fabricada bajo plano. La parte comercial lleva incorporado el motor con la reductora y la parte diseñada hace de soporte de los utillajes. Su función es posicionar los utillajes a diferentes ángulos de modo que hay un lado de carga de componentes y otro para soldarlos.



Fuente: (INTEROB, 2017)

Figura 2.10.1 – Imagen de una mesa de giro diseñada.

La utilización de este tipo de elementos hace que los tiempos de fabricación se reduzcan considerablemente, ya que mientras que en un lado de la mesa se están cargando componentes, en el otro se están soldando por lo que el tiempo ocioso del operario y de los robots disminuye.

2.11 Cerramientos

El objetivo del vallado de una instalación es evitar la entrada de personas a la instalación cuando ésta se encuentra en marcha con el fin de evitar posibles accidentes derivados de su funcionamiento. Siempre se coloca de forma perimetral y tiene que tener acceso por puertas controladas automáticamente. Es comercial y se suministra bajo pedido y diseño de la celda.

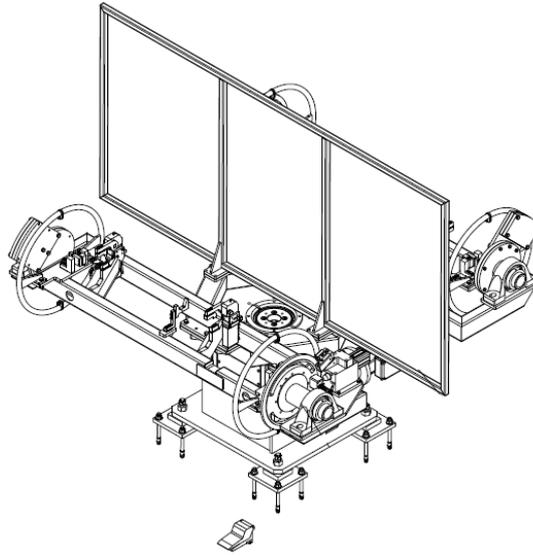


Fuente: (TROAX, 2018) ^[4]

Figura 2.11.1 – Fotografía del cerramiento de una instalación con las pegatinas de seguridad.

2.12 Puesto de retrabajo y supervisión

En esta estación las piezas que salen finalizadas de la instalación son revisadas visualmente para tratar de detectar posibles defectos y en su caso subsanarlos para que la pieza no sea eliminada. Tiene especial interés para instalaciones en las que la pieza tiene cordones de soldadura ya que hay bastantes posibilidades de soldadura defectuosa y con un retrabajo de la misma evitamos desechar la misma.



Fuente: (INTEROB, 2015)

Figura 2.12.1 – Imagen de un puesto de retrabajo para cordones de soldadura.

Estos puestos hacen que las piezas puedan reaprovecharse en caso de tener algún defecto leve de soldadura y también es un primer control de calidad in situ en la instalación.

2.13 Equipos de fresado y limpieza

Las pinzas de soldadura en los electrodos tienen elementos de desgaste debido al contacto continuo de las piezas y de la presión que se ejerce sobre los mismos, lo que provoca que los extremos vayan desgastándose irregularmente. Por este motivo se utilizan equipos de fresado con el fin de limar las irregularidades de estos extremos. Llega un momento en el que debido al número de veces que se ha limado este componente (denominado *cap*), es necesario la reposición del mismo por uno nuevo. Para soldadura al arco se utilizan equipos de limpieza con el fin de limpiar las boquillas de las antorchas cada cierto número de ciclos debido a las proyecciones que se quedan en el mismo.

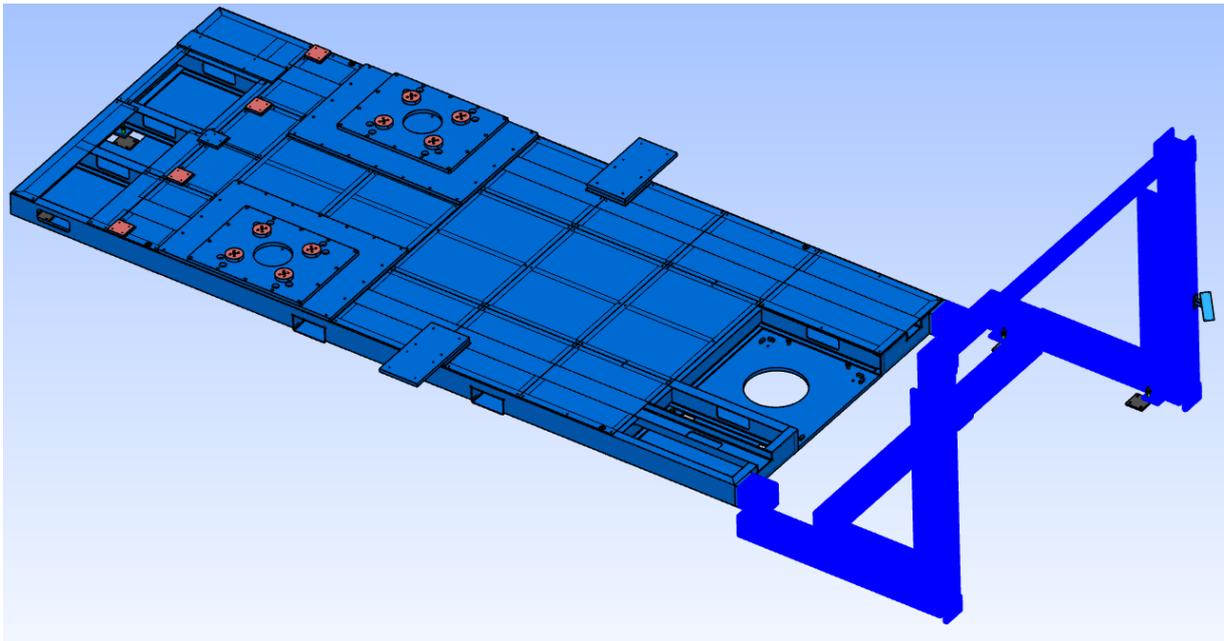


Fuente: (BAMBU, 2018) [\[5\]](#)

Figura 2.13.1 – Imagen de un equipo de fresado comercial.

2.14 Plataformas

En algunas ocasiones se suele diseñar una plataforma con el fin de agrupar varios elementos de los anteriormente descritos y facilitar su transporte y montaje. Se trata de estructuras metálicas que en la parte interior posee canalizaciones para la conexión de todos los elementos que van montados en la plataforma y en la parte superior tienen placas roscadas para el montaje de elementos como robots, unidades de giro, etc. En la parte inferior que está en contacto con el suelo, tiene que haber dispuestos niveladores con el fin de poder nivelar la estructura debido a las posibles irregularidades del suelo en el que se asiente.



Fuente: (INTEROB, 2014)

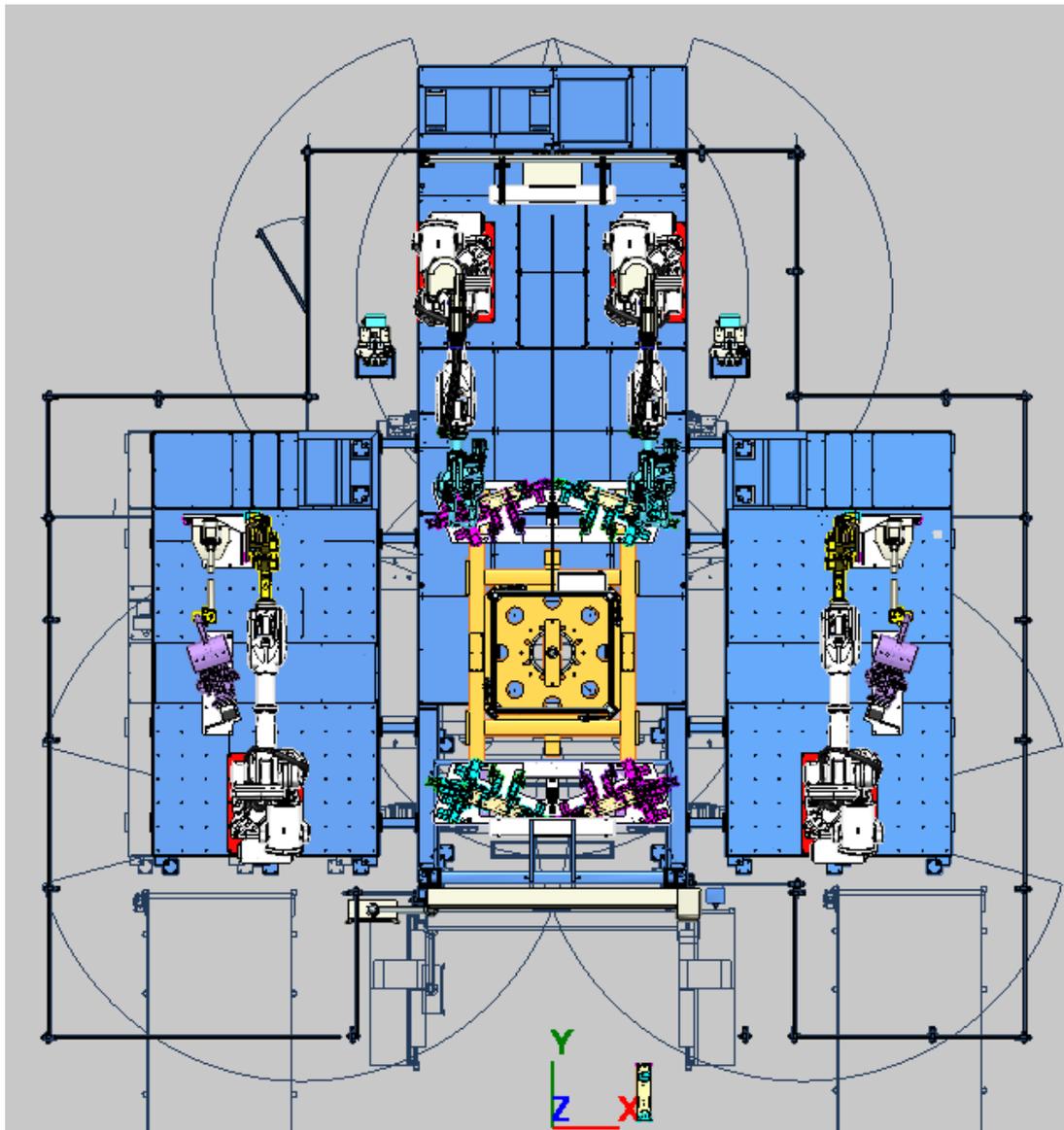
Figura 2.14.1 – Imagen de una plataforma.

En esta imagen a la derecha en la parte inferior, marcado en azul más intenso, se puede observar el puesto de operario. Se trata de la zona donde tiene acceso el personal mientras la instalación está en funcionamiento ya que no podrá haber ningún movimiento si se detecta que hay alguien dentro de esta zona. Tendrá que tener barreras fotoeléctricas y en algunos casos puertas enrollables con el fin de que una persona no pueda acceder a la misma si la celda está en funcionamiento.

izquierda del vehículo) y de mano derecha (se encuentran mirando desde el asiento del conductor hacia adelante, en la parte derecha del vehículo). Por lo que tendremos un robot con una pinza de soldadura embarcada para soldar cada una de las manos, en total 2 unidades. Esto provoca que cada robot pueda soldar independientemente del otro. Habrá instalaciones en las que sólo haya uno o tres, etc.

- 3) Una vez soldadas ambas piezas de mano derecha y de mano izquierda, con los robots de manipulación (robot con garra de manipulación integrada y diseñada específicamente) cogemos cada una de las piezas de los útiles para liberar el útil. De esta manera se pueden volver a soldar piezas en los útiles.
- 4) Cintas de salida. Una vez terminado el ciclo, el robot de manipulación dejará los productos terminados en la cinta en donde salen afuera de la instalación por las cintas de salida para en muchas ocasiones ser paletizados².
- 5) Pinzas estáticas. Cuando el robot tiene en la garra de manipulación una pieza, continúa dando puntos de soldadura en ésta.
- 6) Mesa de giro de utillajes. Para este caso sólo hay dos útiles y esta mesa será de dos posiciones. Habrá veces que las mesas sean de dos, de tres o de cuatro útiles en la misma mesa.
- 7) Cerramiento de la instalación, que tiene por objetivo evitar la entrada de personas a la instalación mientras que esta se encuentra en funcionamiento. En la parte superior izquierda se observa la puerta de acceso a la misma para labores de mantenimiento de la instalación, pero ésta tiene que estar cerrada para poder poner la instalación en marcha por motivos de seguridad.
- 8) Equipos de fresado de las pinzas de soldadura, tanto para las que están embarcadas en robot de soldadura como las que están fijas al suelo. Los que tienen que ir al suelo, que no se pueden amarrar a la plataforma, tendrán que ir espitados al suelo independientemente.
- 9) Plataformas. Una plataforma central que incluye la mesa de giro con los robots de soldadura y el puesto de operario y otras dos plataformas anexas que incluye el robot de manipulación, la pinza estática y el equipo de fresado para cada una de las manos. Todas estas estructuras tendrán que estar espitadas al suelo para evitar movimientos de la misma por la propia vibración que se produce debido al movimiento de los robots y de la mesa de giro. Las dos plataformas anexas están unidas a la central por medio de enanos (perfiles de unión), con el fin de guardar la posición de unas respecto a otras. Esto facilita mucho el montaje y desmontaje de la instalación ya que para desmontar la celda, simplemente tendríamos que llevar las tres partes por separado. Este hecho hace que el tiempo de montaje y desmontaje sea mucho menor.

² Los componentes soldados salen por la cinta de salida y lo más común es que se vayan depositando en pallets o cajones para su posterior transporte al siguiente módulo de ensamblaje. Esta operación puede ser de forma manual (llenado a mano) o por un robot.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 3.0.2 – Vista en planta del pre-estudio de la instalación de soldadura objeto de estudio.

En esta vista también se muestran los radios de giro de los robots y de la mesa central, lo que da una idea del alcance de los mismos.

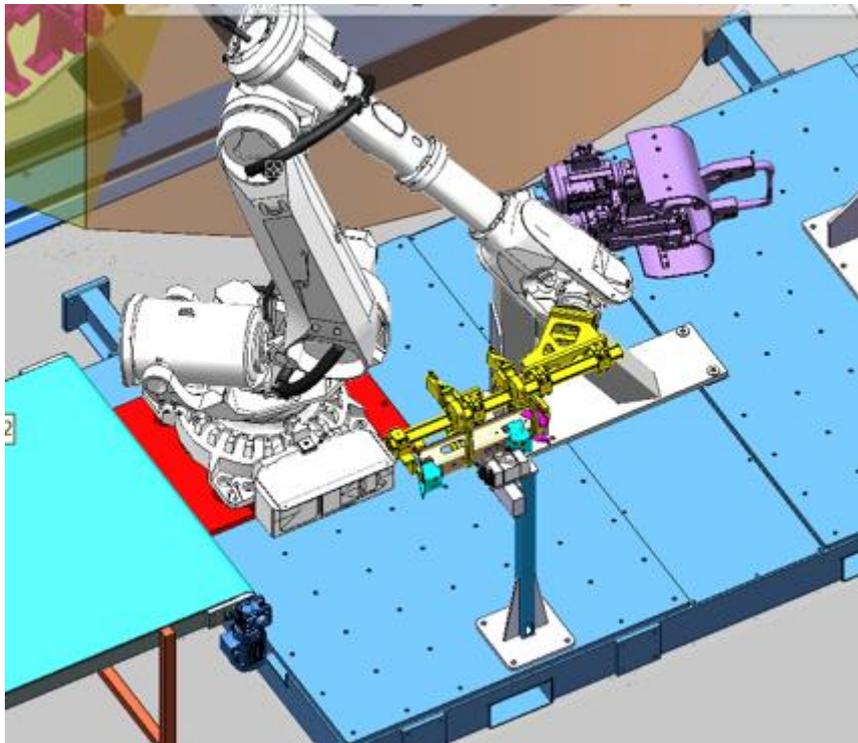
4. VALIDACIÓN Y LISTADO DE REMARCAS

Una vez finalizado el pre-estudio de la instalación, todo el proyecto es presentado al cliente para que éste de su aprobación sobre el proceso concebido.

Antes de dar la aprobación del mismo se exige una lista de puntos pendientes a corregir (remarcas) que es necesario cambiar antes de seguir con el resto del diseño de la instalación.

Para este caso se han propuesto las siguientes remarcas:

- 1) Introducción de un poste de marcado en cada uno de los lados para que el robot de manipulación pueda acceder al marcado del producto final. De este modo, los productos finales van a poder salir debidamente identificados para garantizar la trazabilidad en caso de errores. Esto implica rediseño de canalizaciones para poder llevar los cables desde el armario hasta los puestos de marcado.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 4.0.1 – Vista del poste de marcado añadido.

- 2) Redistribución del vallado de manera que queden parte de las plataformas por fuera del cerramiento para que puedan ser instalados los elementos de control de la instalación (armario de PLC, control de soldadura, etc.). De esta manera estos elementos son accesibles desde fuera de la instalación, lo que evita el tener que parar la producción si tan sólo queremos consultar algo en estos equipos. Esto implica redistribuir los vallados y cambios internos en la estructura para mover las canalizaciones.

- 3) Separación de las plataformas entre sí por motivo de implantación de la instalación en la planta. En el caso anterior teníamos enanos³ de unión entre plataformas para garantizar la posición de las mismas. Ahora al ser tanta la distancia entre la plataforma central y las anexas quitaremos estos elementos e irá implantada según las cotas de distribución en planta.
- 4) Cambio de posición de la puerta del cerramiento por motivo de implantación de la instalación en la planta. Esto va a implicar redistribución de nuevo en el cerramiento de la instalación.

Una vez definidas el listado de remarcas y corregidas, se puede continuar con los diseños eléctricos de la instalación, neumáticos, diseño de automatismos y despiece y creación de los planos de fabricación de todos los elementos diseñados.

Este paso anterior es totalmente necesario ya que nos aseguramos que no se desperdicien horas de trabajo.

En el ANEXO 1 podemos ver una distribución en planta de cómo queda finalmente la instalación de soldadura una vez corregidas las listas de puntos pendientes, por lo que podemos continuar con el diseño de la instalación de soldadura.

³ A la hora de unir las diferentes plataformas entre sí, se suelen usar perfiles en H con una placa soldada en cada uno de los extremos que van atornilladas a ambos lados. Con esto garantizamos que en caso de mover la instalación, la distancia entre las plataformas contiguas va a ser la misma siempre,

5. INSTALACIONES

5.1 Elementos eléctricos empleados

A continuación, se van a numerar los principales elementos eléctricos que va a tener la instalación:

- 1) **Fluorescentes.** En las instalaciones es necesario asegurar buenas condiciones de iluminación. En la mayoría de los puestos son necesarios 2, uno para el puesto de operario y otro para el lado robot (en caso de labores de mantenimiento del robot). Siempre tienen que estar colocados en una posición donde no molesten ni al operario ni al robot y en donde no pueda crear sombras porque haya algo entre medias. Para nuestro caso de estudio, tendremos uno en el puesto de operario y uno a cada salida de los *conveyor*.



Fuente: (LEROY MERLIN, 2018) [\[6\]](#)

Figura 5.1.1 – Imagen de un fluorescente.

- 2) **Tomas de corriente de 220 V.** En los puestos de operario es necesario colocar una caja para un enchufe para, en caso de ser necesario, poder conectar cualquier tipo de elemento eléctrico. También tendremos tomas de corriente en el armario principal y en algunas ocasiones, podemos llegar a tener tomas de corriente dentro de la instalación para labores de mantenimiento.



Fuente: (SUMIDELEC, 2018) [\[7\]](#)

Figura 5.1.2 – Imagen de un enchufe hembra estanco a 220 V.

- 3) **Toma de corriente de 380 V.** También ha de integrarse en el puesto de operario una toma de corriente de 380 V por si es necesario conectar equipos de soldeo para labores de mantenimiento durante la vida útil de la celda.



Fuente: (ALIBABA, 2018) [\[8\]](#)

Figura 5.1.3 – Imagen de una toma de corriente de 380 V.

- 4) **Detector de seguridad de posición.** Para detectar el ángulo de posición de la mesa de giro. Se necesita estar continuamente detectando la posición de la mesa de giro para evitar posibles incidencias. Van a ser tantos detectores necesarios como posiciones de giro tenga la mesa. Este detector es necesario de cara a la automatización de la celda ya que no se va a permitir ningún movimiento a menos de que la mesa no esté colocada en la posición deseada.



Fuente: (IFM, 2018) [\[9\]](#)

Figura 5.1.4 – Imagen de un detector de seguridad GM705S.

- 5) **Unidad de giro.** En la parte inferior va fijada a la plataforma y la parte superior es la parte móvil que lleva amarrada la mesa de giro diseñada. Su función es rotar todo el conjunto hasta la posición deseada. Este tipo de unidades poseen una elevada precisión ya que tienen una repetibilidad de giro ± 0.000016 m y son muy robustas, tienen una carga máxima axial admisible de 720000 N.



Fuente: (GOIZPER, 2018) [\[10\]](#)

Figura 5.1.5 – Imagen de una unidad de giro GOIZPER PGI940.

6) Baliza de instalación. Sirve para obtener información visualmente del estado de la instalación en funcionamiento. En la siguiente tabla se pueden ver los diferentes modos en los que puede encontrarse la instalación:

Color/Estado	Fija	Intermitente	Apagada
Rojo	Fuera de servicio	Se activa en caso de paro de emergencia	Conectada
Naranja	-	Con alertas que no impiden el ciclo en automático	Resto del tiempo
Verde	En automático	Esperando validación	Alimentación desconectada

Fuente: (GESTAMP, 2018) [\[11\]](#)

Tabla 5.1.6A – Posibles estados en los que puede encontrarse la instalación.



Fuente: (MERCADO LIBRE, 2018) [\[12\]](#)

Figura 5.1.6B – Imagen de una baliza de tres colores para instalación.

7) **Baliza de puesto de operario.** Sirve para indicar al operario cuando es posible el acceso a la carga de componentes en los utillajes de soldadura y cuando esté finalizada la misma. En el siguiente cuadro veremos los posibles modos de funcionamiento:

Color/Estado	Fija	Intermitente	Apagada
Rojo	El operario no tiene permiso para acceder	Sin seguridades rearmadas	Cuando esté activa la baliza verde
Verde	El operario tiene permiso para acceder	-	Cuando esté activada la baliza roja
Azul	Se activa tras la carga completa de componentes	En caso de ser necesarias dos validaciones de carga	Al comienzo de un nuevo ciclo

Fuente: (GESTAMP, 2018)

Tabla 5.1.7 – Posibles estados en los que puede encontrarse el puesto de operario.

8) **Baliza de robot.** Por cada robot que haya en la instalación, es necesario una baliza para indicar si el robot está soldando o en espera de la siguiente tarea de la lista. De este modo se sabe qué robot está ocioso en cada momento del ciclo.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.1.8 – Imagen de una baliza de indicación del modo de trabajo del robot

9) **Contador de piezas.** Es necesario colocar para cada tipo de producto que se fabrique un contador con número visibles a distancia en cada instalación. Su función es tener controladas el número de piezas que se fabrican en cada uno de los turnos en cada celda de producción.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.1.9 – Imagen de un contador de números gigantes.

10) Seta de emergencia. Tendrá que haber pulsadores de emergencia que provocan una parada instantánea en toda la instalación. Sólo puede ser pulsada en caso de emergencia ya que el rearme⁴ de todo el ciclo puede ser difícil.

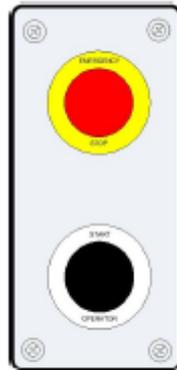


Fuente: (ELECTRÓNICA EMBAJADORES, 2018) [\[13\]](#)

Figura 5.1.10 – Imagen de una seta de emergencia.

⁴ El rearme de la instalación consiste en reanudar el funcionamiento de la instalación. Esto implica que los robots que se han detenido tienen que poder continuar su trayectoria sin necesidad de llevarlos a un punto de seguridad y que en caso de estar realizando un cordón de soldadura deben de poder finalizar ese cordón sin problema alguno.

11) Botoneras de operario. En cada puesto de operario tendrá que haber una botonera para la validación de la instalación (puesta en marcha) junto con una seta de emergencia. Estas botoneras sirven para validar una instrucción, por ejemplo cuando se ha terminado de cargar todos los componentes en un utillaje, se valida y comienza el ciclo en automático de la instalación.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.1.11 – Imagen de una botonera de operario.

12) Cerrojo de puerta de acceso a la instalación. Todas las puertas de entrada a la instalación tienen que estar equipadas con cerrojos automáticos. Una de las partes es fija al vallado de la instalación y la otra parte es solidaria con la puerta. Tendrá que tener un cierre mecánico y un cierre de seguridad eléctrico. También tendrá que tener un botón de petición de acceso a la instalación, de puesta en servicio y una seta de emergencia. La petición de acceso está programada de tal forma que en caso de ser pulsada, el ciclo en automático de la máquina seguirá hasta que se termine y en ese momento se desbloqueará el cierre para permitir el acceso. Una vez finalizada la intervención en la celda, la puerta se cerrará manualmente y se pulsará el botón de puesta en servicio.



Fuente: (EUCHNER, 2018) [\[14\]](#)

Figura 5.1.12 – Imagen de un cerrojo de seguridad.

13) Buzzer. Se trata de una baliza roja giratoria para avisar del arranque inminente de la instalación con sirena para que pueda verse y oírse desde cualquier parte de la instalación. Es un elemento de seguridad que tiene que estar presente en toda instalación.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.1.13 – Imagen de un *Buzzer*.

14) Barreras de seguridad. Se coloca un emisor a un lado y un receptor al otro lado. Su función es detectar si hay algún objeto o persona en una zona no permitida. Son utilizadas en los puestos de operario donde es necesario controlar la presencia de personas u objetos con el fin de la validación de las seguridades⁵. Suele colocarse un juego de manera horizontal y otro juego de manera vertical de forma que se pueda cubrir el mayor volumen por seguridad.

⁵ Para poder comenzar un ciclo en modo automático, la celda tiene que tener unos puntos de control que estén en el estado adecuado. Por ejemplo las puertas de acceso a la instalación tienen que estar cerradas, los robots en posición correcta, todos los componentes en los útiles cargados, etc.



Fuente: (SICK, 2018) [\[15\]](#)

Figura 5.1.14 – Barreras de seguridad de un puesto de operario.

15) Puerta enrollable de seguridad. Para el acceso al puesto de operario suele haber una puerta que está programada con dos modalidades: si está subida, se permite el paso al puesto de operario y si está bajada no está permitido el acceso.

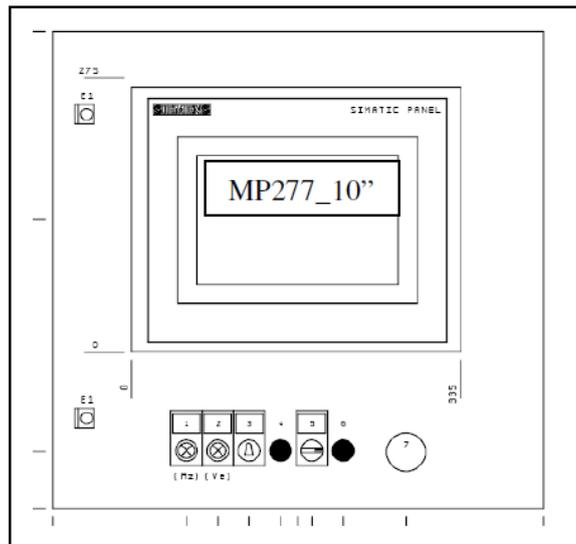


Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.1.15 – Puerta enrollable para puesto de operario.

16) Panel Operador. Es un elemento imprescindible de diagnóstico, manipulación y gestión de la instalación. Refleja cualquier paro que se pueda dar en la instalación durante su funcionamiento tanto en modo manual como en automático. Tendrá que tener pulsadores bien identificados que permiten la selección del modo de trabajo así como una seta de emergencia. Se trata de la interfaz de comunicación entre la

máquina y el operador. Desde el panel se pueden seleccionar los diferentes modos con los que se haya programado la instalación.



Fuente: (GESTAMP, 2018) [\[16\]](#)

Figura 5.1.16 – Imagen de un panel de operador.

5.2 Unidades principales eléctricas empleadas

1) Armario PLC o armario principal

El armario de control tiene que tener una serie de requisitos en cuando a diseño y fabricación:

- Tendrá que tener unas dimensiones de 1,8 m de altura, profundidad mínima 0,5 m y anchura variable según la aplicación (hay que tener en cuenta que es necesario dejar un 25% de espacio a modo de reserva por si en un futuro es necesario ampliar la instalación con la ampliación que conlleva el armario). [\[17\]](#)
- Estará previsto de un zócalo de 0,2 m, placa de montaje metálica, cerradura de doble barra con apertura mediante manecilla y protección IP55.
- Deberá de contar con dos módulos, uno para acometidas, distribución y protección eléctrica y otro para elementos de control y seguridades
- Cada armario de control estará equipado con un interruptor omnipolar.
- Deberá disponer de “cajonera porta-planos” en su interior así como “bandeja abatible” para soporte de un ordenador en la puerta del mismo.
- Todos los elementos deberán de ir colocados sobre la placa de montaje, no se podrá colocar ningún elemento en los laterales ni en frontal. Sólo se puede colocar en la parte frontal del armario un pulsador azul de puesta en servicio y otro pulsador luminoso rojo de fuera de servicio.
- También se instalará un sistema de “protección contra sobre-tensiones” en la cabecera de las instalaciones tras el interruptor general.
- Al menos dos tomas de corriente de 220 V para la conexión de elementos informáticos.
- Barra de conexión de tierras y de neutro separada de la anterior.

- Conexión directa a tierra de las puertas de los armarios
- Todos los cables tienen que ir marcados y etiquetados según los esquemas eléctricos para asegurar la trazabilidad en la conexión.
- Cada armario contará con una luminaria fluorescente con interruptor y un final de carrera que se activará al abrir la puerta.
- El armario deberá de incluir un sistema de refrigeración con climatizador e intercambiador aire/aire para mantener la temperatura del mismo en los niveles recomendados.
- Deberá de incluir 4 cáncamos para el transporte del mismo.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.2.1 – Fotografía del armario eléctrico.

2) Control de soldadura

Cada pinza soldadura (bien sea fija al suelo o embarcada en un robot) tiene que tener un control de soldadura compuesto por un armario compacto de media frecuencia para el robot y un panel de fluidos.

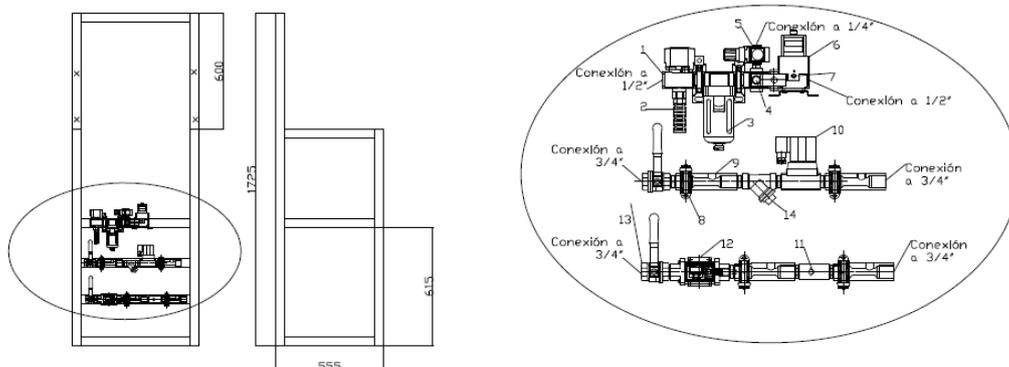
- El armario de control compuesto por:
 - 1) Caja del armario que hace de estructura.
 - 2) Serratron, que es el autómatas programable integrado para programación centralizada con red *Ethernet* capaz de gestionar 127 programas de soldadura.



Fuente: (SERRA, 2018) [\[18\]](#)

Figura 5.2.2 – Fotografía de un armario eléctrico de soldadura.

- Soporte de armario y fluidos. Al igual que la panoplia general, tiene los registros de entrada de aire a la pinza, de entrada de agua de refrigeración y de agua de salida de la pinza.



Fuente: (SERRA, 2018) [\[19\]](#)

Figura 5.2.3 – Panel de fluidos de pinza de soldadura.

Si unimos estos dos elementos tenemos el control de soldadura de la pinza de soldadura. Como se ha mencionado anteriormente, tendremos que tener un armario de soldadura por cada pinza. Este armario es suministrado por el fabricante de la pinza de soldadura.



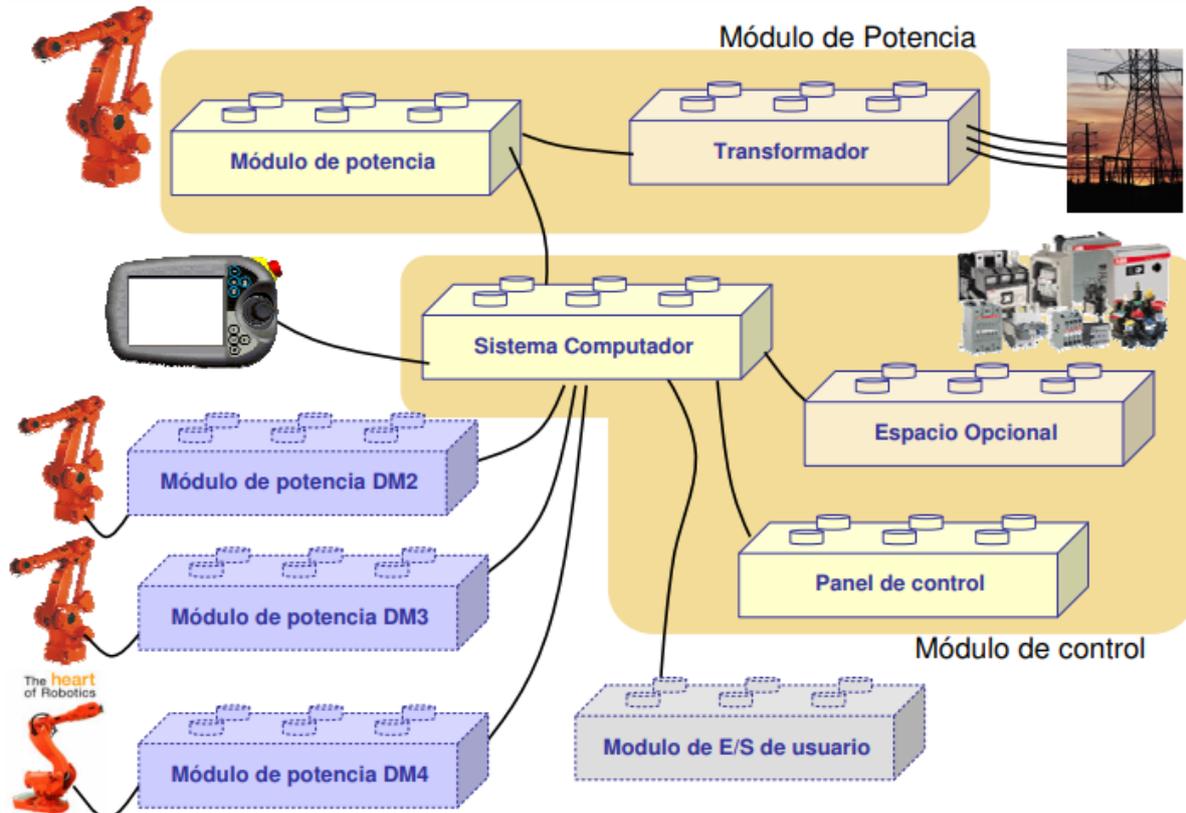
Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.2.4 – Control de soldadura SERRA.

3) BAI robot

Para esta instalación se van a montar robots comerciales ABB y por cada robot tendrá que haber una BAI (armario de control del robot). La función de la BAI del robot es la de controlador del mismo tanto a nivel de software como de hardware. Van a ser necesarias tantos controladores como robots tengamos en la instalación, para la instalación objeto de estudio, serán 4 unidades.

Se trata de una unidad independiente que está preparada para funcionar sin necesidad de un PLC maestro. Para esta instalación, todos los robots son esclavos del PLC, pero unos robots pueden ser maestros de otros pero siempre esclavos del PLC. Una misma BAI puede controlar más de los 6 ejes de los que tiene un robot, podría controlar la velocidad y posición de hasta 9 ejes y tiene capacidad de cálculo simultáneo para 36 ejes. En la siguiente imagen se puede ver la arquitectura de una unidad de control.



Fuente: (ABB, 2005) [\[20\]](#)

Figura 5.2.5 – Esquema arquitectura BAI de robot.

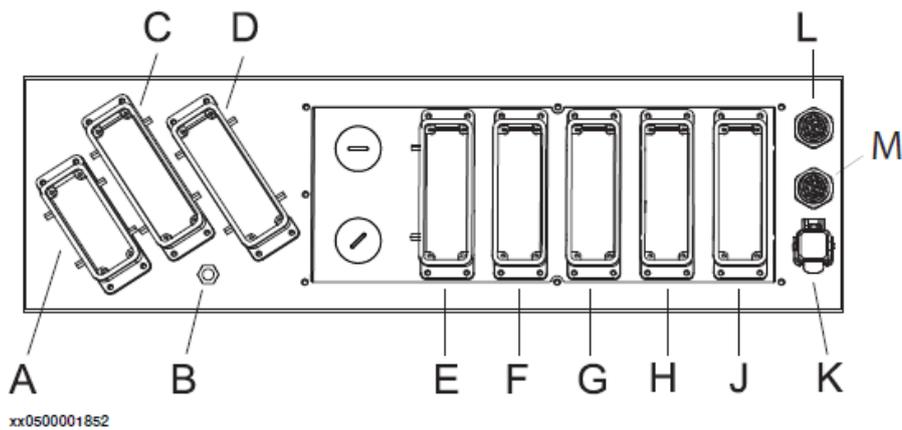
La programación de un robot puede llevarse a cabo por dos medios: El primero es programación *off-line* mediante software específico del producto (*RobotStudio*), con este software podremos crear la estructura del programa y la mayor parte del código fuente. Por otra parte podemos utilizar el *FlexPendant*, conectada directamente al controlador, la función de ésta es hacer de interfaz entre el robot y el usuario, disponiendo de una pantalla táctil con pulsadores en los laterales para la programación del robot para poder almacenar las posiciones del robot y hacer ajustes finales en el programa.



Fuente: (ABB, 2005)

Figura 5.2.6 – *FlexPendant* comercial marca ABB.

La controladora tiene en la parte delantera la interfaz de conexión que tiene varias tomas para las diferentes funciones para las que puede usarse:



	Descripción
A	XP.0 Conexión eléctrica principal
B	Punto de conexión a tierra
C	XS.1 Conexión de alimentación del robot
D	XS.7 Conexión de alimentación de ejes externos
E	XS.13/XS.5 Conexión para alimentación/señales externas de usuario
F	XS.10 Opciones de usuario
G	XS.11 Opciones de usuario
H	XS.12 Opciones de usuario
J	X3 Señales de seguridad de usuario
K	XS.28 Conexión de red
L	XS.41 Conexión de tarjeta de medida serie de la tarjeta de medida serie
M	XS.2 Conexión de tarjeta de medida serie del robot

Fuente: (ABB, 2005)

Figura 5.2.7 – Interfaz de conexión de la controladora.

4) Armario de potencia

Su función es que a partir de una acometida eléctrica de potencia se reparta hacia los equipos de soldadura. Contiene las protecciones adecuadas tanto a la entrada de la acometida, como en la salida individual hacia cada equipo de soldadura. Este armario tiene que cumplir los mismos requisitos generales que el de control. Este armario no es necesario para instalaciones con un solo equipo de soldadura, pero para la instalación objeto de estudio si es necesario, al haber un total de cuatro equipos de soldadura. [\[21\]](#)



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.2.8 – Fotografía del interior de un armario de potencia.

En el Anexo 2 se muestra el esquema de conexionado del armario junto con la entrada y las salidas que tiene el mismo.

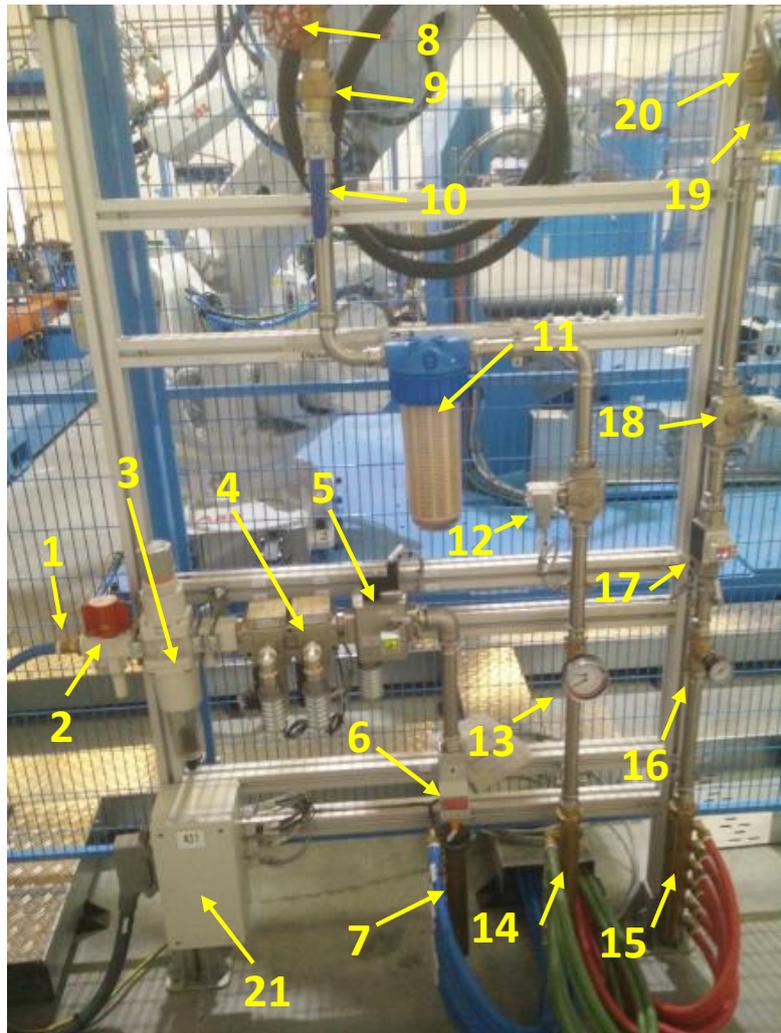
5) Panoplia general

Se trata de una estructura formada por la unión de perfiles de aluminio. En esta estructura tenemos los registros principales de entrada y salida de fluidos de la instalación.

La instalación tiene que tener una entrada de aire a presión (en torno a 607950 Pa) para satisfacer el gasto en los útiles de soldadura, robots, pinzas y demás elementos neumáticos.

Por otra parte, tiene que tener una entrada de agua para la refrigeración de las pinzas de soldadura y demás elementos que necesiten refrigeración. Por el contrario, tendrá que tener una salida de agua hacia el exterior de la instalación.

También dispondrá de los elementos de control necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.2.9 – Esquema de una panoplia de fluidos.

- a) Registro de entrada de aire desde el exterior a la instalación. Suele ser toma de ½”.
- b) Válvula de corte manual de aire, para en caso de necesidad, realizar el corte completo del suministro.
- c) Filtro de aire para filtrar las impurezas que desprenden los equipos elevadores de presión.
- d) Válvulas digitales de liberación de presión de seguridad. Permiten liberar la presión del aire comprimido a la atmósfera en caso de fallo.
- e) Válvula digital de arranque suave, permite que la presión se desarrolle lentamente al reiniciar la instalación para ayudar y prevenir posibles fallos en la instalación.
- f) Presostato, para tener monitorizada y controlada la presión para la entrada de aire a los diferentes elementos de la instalación.
- g) Colector de entrada de aire, donde se reparte este fluido para los diferentes elementos de la instalación.
- h) Llave de corte manual de entrada del agua de refrigeración del lado exterior de la instalación.
- i) Válvula antirretorno para evitar el flujo de agua en el sentido opuesto.

- j) Llave de corte manual de entrada del agua de refrigeración del lado interior de la instalación.
- k) Filtro de impurezas para el agua de entrada de refrigeración de la instalación.
- l) Válvula de corte digital del agua de entrada, en caso de emergencia se para el suministro de agua de refrigeración a la instalación.
- m) Medidor analógico de temperatura del agua de entrada y presión.
- n) Colector de entrada del agua de refrigeración, donde es repartido para los diferentes elementos de la instalación en los que sea necesario.
- o) Colector de salida del agua que proviene de los diferentes elementos de la instalación en los que se ha requerido refrigeración por agua.
- p) Medidor analógico de presión del agua refrigerante a la salida de la instalación.
- q) Flujostato digital, para tener controlada la temperatura del agua y el caudal de refrigeración que proviene de la instalación con el fin de detectar fugas en la instalación y problemas de sobre calentamiento.
- r) Válvula de corte digital del agua de salida.
- s) Llave de corte manual de salida del agua de refrigeración del lado interior de la instalación.
- t) Válvula anti retorno para evitar el flujo de agua en el sentido opuesto.
- u) Caja eléctrica de servicio. En este cuadro están conectadas todas las válvulas digitales y presencias mencionadas anteriormente. Esta caja tiene acoplada un *harting*⁶ para facilitar el montaje y desmontaje de la instalación. En caso de querer mover la panoplia sólo tenemos que desconectar la toma de entrada y salida de fluidos y el *harting*.

6) Control de marcadora

Para seguir una trazabilidad correcta en la instalación, es necesario disponer de equipos de marcado capaces de grabar una referencia en cada uno de los productos. Todas las marcadoras necesitan una unidad de control capaz de gestionar todas las operaciones que tiene que hacer esta. Este control dispone de 11 señales de entrada y 7 señales de salida programables para conexión con el autómata. Un mismo control puede gobernar hasta dos marcadoras (siempre y cuando el proceso de marcado no sea simultáneo) con posibilidad de conexión a un teclado externo.

⁶ Se trata de un conector usado para la conexión de los diferentes elementos de las instalaciones que está muy empleado en la industria debido a sus grandes ventajas: Permite integrar varios conectores en una sola unidad, el tiempo de instalación de éstos es muy corto, reduce significativamente el espacio requerido. Combina potencia, señal y comunicación. [\[22\]](#)



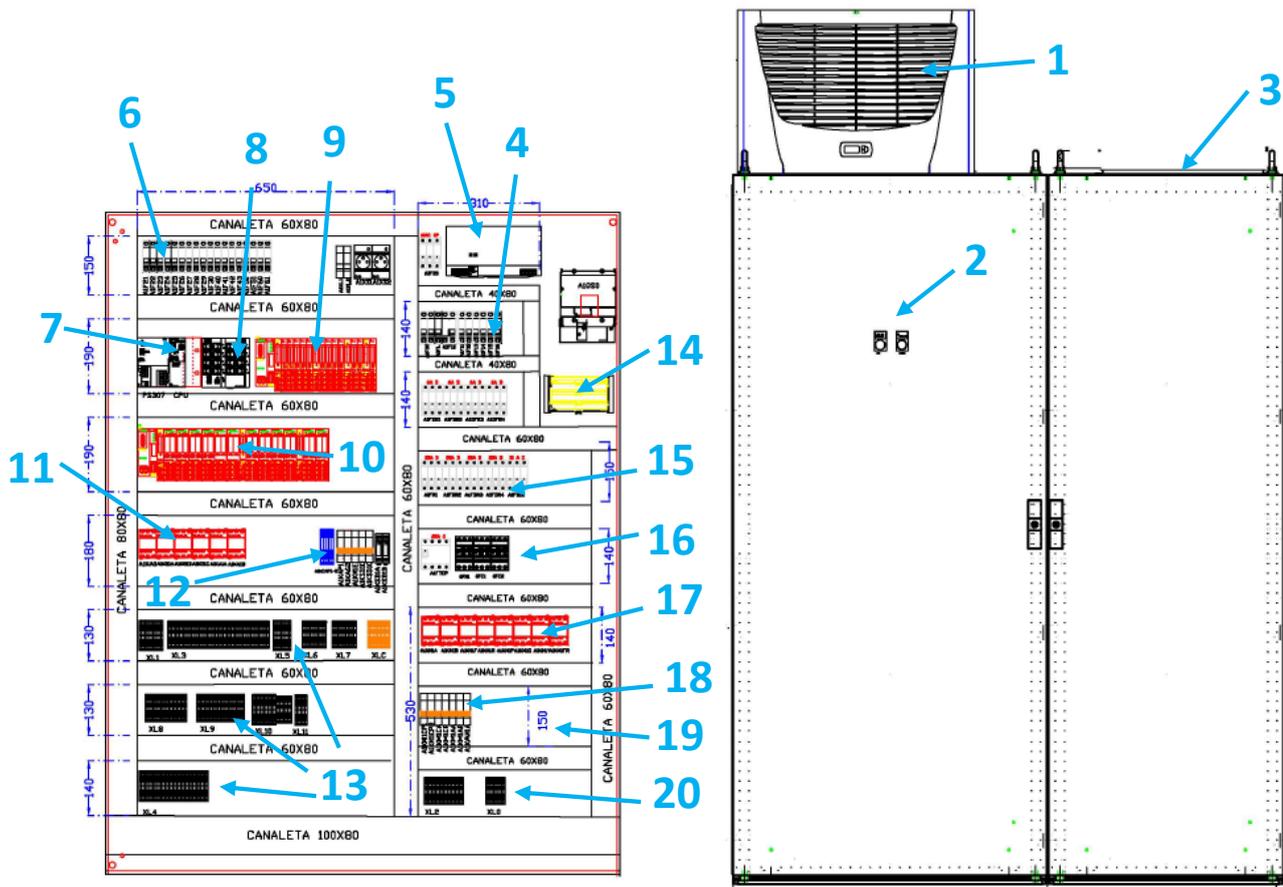
Fuente: (COUTH, 2018) [23]

Figura 5.2.10 – Imagen de una unidad de control.

5.3 Armario eléctrico del PLC

El armario del PLC es el maestro de todos los elementos que haya en la instalación. Dentro de la estructura del armario, podemos diferenciar dos módulos: Un módulo para acometidas, distribución y protección eléctrica y otro módulo para elementos de control, seguridades, etc.

En el siguiente *layout* podemos distinguir cada uno de los elementos que componen el armario:



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.1 – Esquema de distribución del armario.

- 1) Sistema de refrigeración del armario con climatizador e intercambiador aire/aire.
- 2) Pulsador luminoso azul de puesta en servicio y pulsador luminoso rojo de fuera de servicio.
- 3) Estructura principal fabricada en materiales ligeros como el aluminio.
- 4) Suministro de electricidad a 220 V con protección de interruptor automático magnetotérmico de 2 A que proviene directamente del armario de potencia y se reparte para los bornes de la luminaria del armario y por otra parte, el suministro de electricidad a 220 V que proviene del repartidor principal, con protección de interruptor automático magnetotérmico diferencial con intensidad nominal (I_n) de 25 A y sensibilidad de corrientes de fuga de 0,03 A (A1F10) para la refrigeración del armario (A1F11) (10 A), los enchufes que hay en el armario (A1F12) (3 A), enchufe del puesto de operario (A1F13) (6 A), luminarias del puesto de operario y de las cintas de salida de piezas (A1F14) (6 A), la alimentación del PLC (A1F15) (3 A) y para la alimentación de cada una de las marcadoras de la instalación (A1F16) (10 A). Entre el diferencial y estas conexiones tendremos otras protecciones con interruptor automático magnetotérmico de 10 A para el sistema de refrigeración del armario, de 3 A para los enchufes del armario, de 6 A para el enchufe del puesto de operario y de 6 A para el resto de luminarias.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.2 – Imagen del suministro de 220 V.

Todas las conexiones de entrada y salida tienen que estar debidamente etiquetadas y tienen que coincidir con la nomenclatura de la documentación con el fin de obtener una trazabilidad de toda la instalación.

- 5) Transformador de tensión, con una entrada de 400 V de alterna que proviene del repartidor y que sale a 24 V de continua para todos los elementos que trabajan con este nivel de tensión. Antes de la entrada tenemos otra protección con un interruptor automático magnetotérmico con poder de corte de 10 A para los tres hilos de entrada.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.3 – Imagen del transformador 400/24.

- 6) Control con protección de interruptor automático magnetotérmico de 40 A para la distribución de la tensión a 24 V en la instalación. En esta sección llega la corriente directa desde el transformador, pasa por el magnetotérmico anterior, y se distribuye a las salidas A1F22, A1F23 y A1F24 (automáticos de 16 A). La A1F22 (16 A) se distribuye en la A1F25 (4 A), A1F26 (4 A), A1F27 (4 A), A1F28 (4 A), A1F29 (2 A), A1F30 (6 A) y A1F31 (4 A). La A1F23 se distribuye en la A1F40 (6 A), A1F41 (6 A), A1F42 (6 A) y A1F43 (6 A). La A1F24 en A1F50 (4 A), A1F51 (4 A), A1F60 (6 A) y A1F61 (4 A).



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.4 – Fotografía distribución de 24 V principal.

- 7) PLC. Por una parte tenemos la fuente de alimentación (referencia 6ES7307-1EA01-0AA0) que tiene como entrada la corriente del A1F11 (tensión de 220 V) y transforma la salida a 24 V. Esta salida alimenta a la CPU (SIMATIC S7-300).



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.5 – Fotografía alimentación, CPU y SW1.

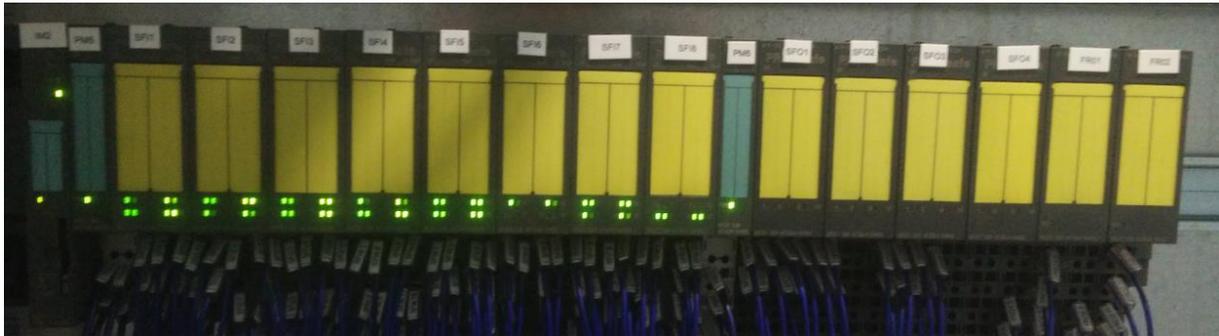
- 8) La anterior está conectada por “PROFINET TYP A” al switch SW1 (referencia “SCALANCE X216”), por el puerto P1. En la imagen 7.0.5 a la derecha se encuentra este elemento. La alimentación del SW1 procede de la salida del A1F27.
- 9) El puerto P2 de esta última está conectado por “PROFINET TYP A” a la carta de entradas y salidas IM1 por el puerto P1.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.6 – Fotografía carta i/o IM1.

- 10) El puerto P2 del anterior está conectado por “PROFINET TYP A” a la carta de entradas y salidas IM2 por el puerto P1.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.7 – Fotografía carta i/o IM2.

En el ANEXO 3 se muestra la tabla de cada una de las entradas y salidas de cada una de las cartas de entradas y salidas.

- 11) En esta parte del armario se encuentra la zona de relés de control de la instalación. Estos serán los encargados de controlar las señales de emergencia y los contactos de seguridad.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.8 – Fotografía relés de seguridad.

El primero de la imagen (KA0) es un relé comercial de *Schneider* (CAD50), y es el encargado del control de los pulsadores de rearme de la instalación que se encuentran en la parte frontal de la instalación. El segundo, tercer y cuarto (A1KG1A, A1KG1B y A1KG1C) (CAD32), controlan las señales de emergencia de la puerta de acceso a la instalación y los contactos de seguridad de los robots. El quinto y sexto elemento (A1KA1A y A1KA1B) (CAD32), se encargan de la parada del modo automático de la celda.

12) En esta parte del armario tenemos los relés que no son de seguridad.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.9 – Fotografía relés de control.

A la izquierda de la imagen tenemos los bornes de relé de 1 contacto inversor comercial de *Weidmüller* (24 V) A1KCP1 encargado de la señal de que la celda está en funcionamiento. El A1KCP2 encargado de la señal del contador de fin de ciclo junto al A1KCP3, A1KCP4 y A1KCP5.

A continuación están los relés A1KSD1A y A1KSD1B encargados de la apertura segura de la puerta de la instalación y de la parada de la puerta ALBANY.

A continuación se encuentra el relé A1KSD1O, que controla la apertura de la puerta de la instalación; El A1KSD1C que controla el cierre de la anterior puerta; El A1KA62 para la señal luminosa-acústica que tiene que haber en la instalación; El A1KP1 y A1KP2 para el bloqueo de la puerta de acceso a la instalación.

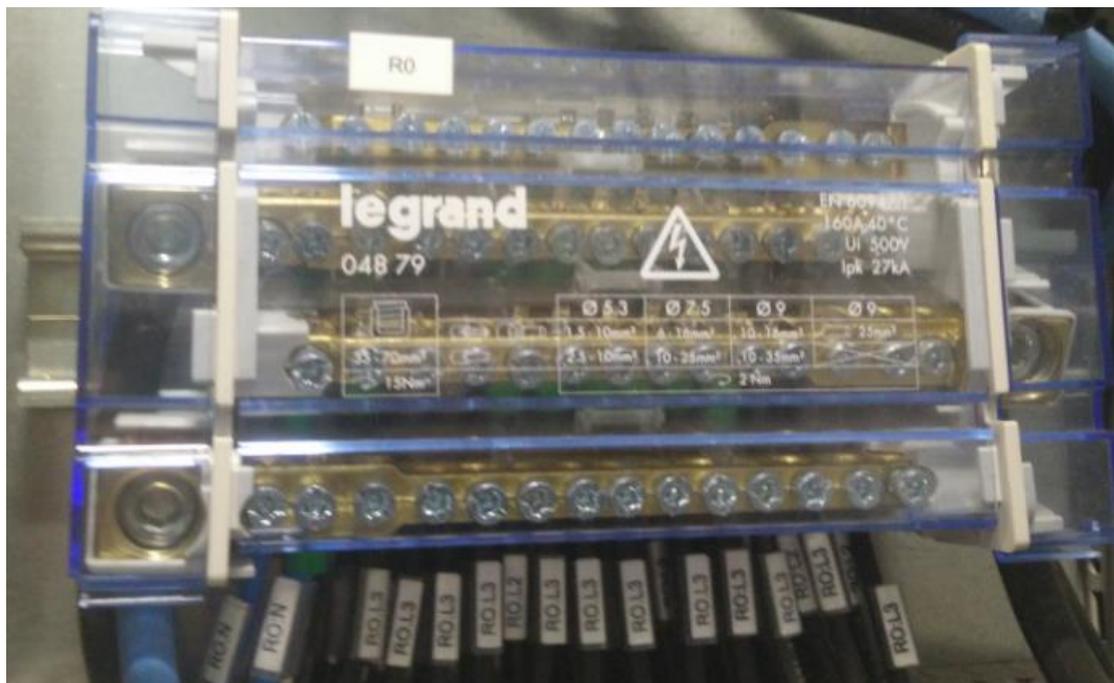
13) Borneros de paso del armario eléctrico. A través de estos bornes de paso se controla el seguimiento de las conexiones eléctricas del armario.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.10 – Fotografía borneros de paso de la parte izquierda del armario.

14) Suministro de tensión a 380 V a las conexiones principales. Se trata de un repartidor tetrapolar comercial “LEGRAND 048-79”, en el que entran las tres fases y el neutro y se reparte para: El suministro de corriente del robot 1, 2, 3 y 4, para los equipos de fresado de estos 4 robots, para la mesa de giro de los útiles, para los *conveyor* C1 Y C2, para la puerta Albany, para la toma de 380V que hay en puesto de operario y para la tensión que llega al armario para los enchufes y luminarias (interruptor de protección A1F10).



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.11 – Fotografía del repartidor a 380 V.

- 15) Control con protección de interruptor automático magnetotérmico para la distribución de la tensión a 380 V para los equipos de fresado del robot 1 (A1FTD1) (6 A), del robot 2 (A1FTD2) (6 A), del robot 3 (A1FTD3) (6 A), del robot 4 (A1FTD4) (6 A) y de la puerta ALBANY (A1FSD1) (10 A).



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.12 – Fotografía de los automáticos de 380 V.

- 16) Control con protección de interruptor automático magnetotérmico para la distribución de la tensión a 380 V para el control (BAI) del robot 1 (A1FR1) (20 A), la del robot 2 (A1FR2) (20 A), la del robot 3 (A1FR3) (20 A) y a la BAI del robot 4 (A1FR4) (20 A).



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.13 – Fotografía de los automáticos de 380 V de las BAIs.

A continuación del cuadro anterior tenemos los disyuntores o guardamotores que son utilizados para la protección de motores eléctricos. En primer lugar tenemos el disyuntor de protección de la mesa de giro principal (A1QFM1), comercial de Schneider (GV2ME10), a continuación el del *conveyor* C1 (A1QFC1) (GV2ME05) y el del *conveyor* C2 (A1QFC2) (GV2ME05).

También tenemos el interruptor diferencial (A1FTOP) de protección (25 A) para la toma de corriente de 380 V del puesto de operario mencionada anteriormente.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.14 – Fotografía de la protección eléctrica de los motores.

17) En esta parte del armario se encuentran los contactores para el control de la mesa de giro de los útiles. Se van a utilizar la misma referencia comercial para las 8 unidades, para este caso el comercial de Schneider (LC1D09).



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.15 – Fotografía de los contactores eléctricos del motor de la mesa de giro.

En la parte izquierda de la fotografía se encuentra el contactor (A1KM1A y A1KM1B), que tiene la función de controlar la entrada de las tres fases en la mesa de giro. A continuación de estos están los contactores (A1KM1F, A1KM1R, A1KM1Y, A1KM1G y A1KM1P) que son necesarios debido a la disposición eléctrica de la mesa ya que se necesita que la mesa pueda girar en los dos sentidos. Por último tenemos el contactor (A1KM1FR) que es necesario para el bloqueo y desbloqueo del motor.

- 18) En esta sección se encuentran los relés de la mesa de giro. La referencia comercial a emplear es la misma que la mencionada en el apartado 12.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.16 – Fotografía de los relés de la mesa de giro.

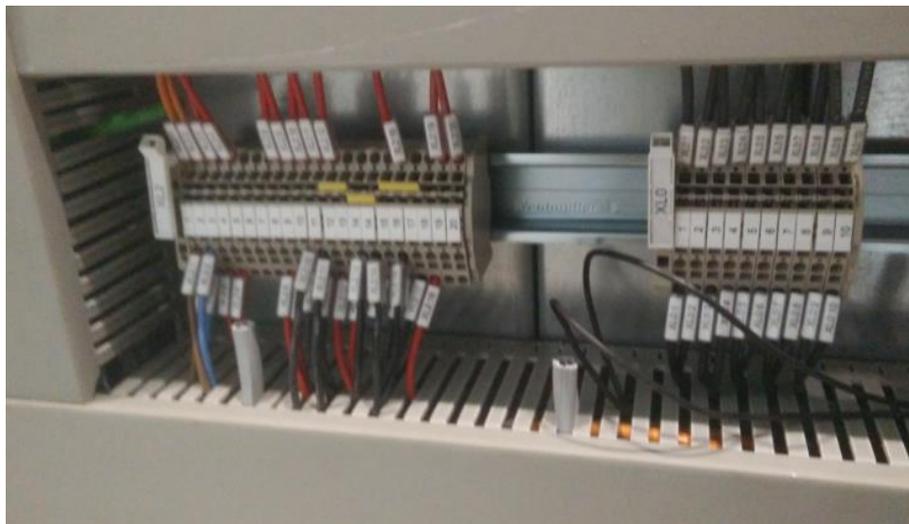
- 19) En esta parte del armario se encuentran los contactores para el control de los motores de los dos *conveyor*. Se va a utilizar la misma referencia comercial para las 2 unidades, para este caso el comercial de Schneider (LC1D09). Este conjunto se diferencia, respecto a la mesa de giro de los útiles, en que los motores solo giran en una dirección por lo que la conexión eléctrica es más sencilla.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.3.17 – Fotografía de los contactores de los *conveyor* C1 y C2.

20) Borneros de paso del armario eléctrico. A través de estos bornes de paso se controla el seguimiento de las conexiones eléctricas del armario.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Imagen 7.1.17 – Fotografía de los borneros de paso de la parte derecha del armario.

5.4 Conexión de la instalación vía PROFINET

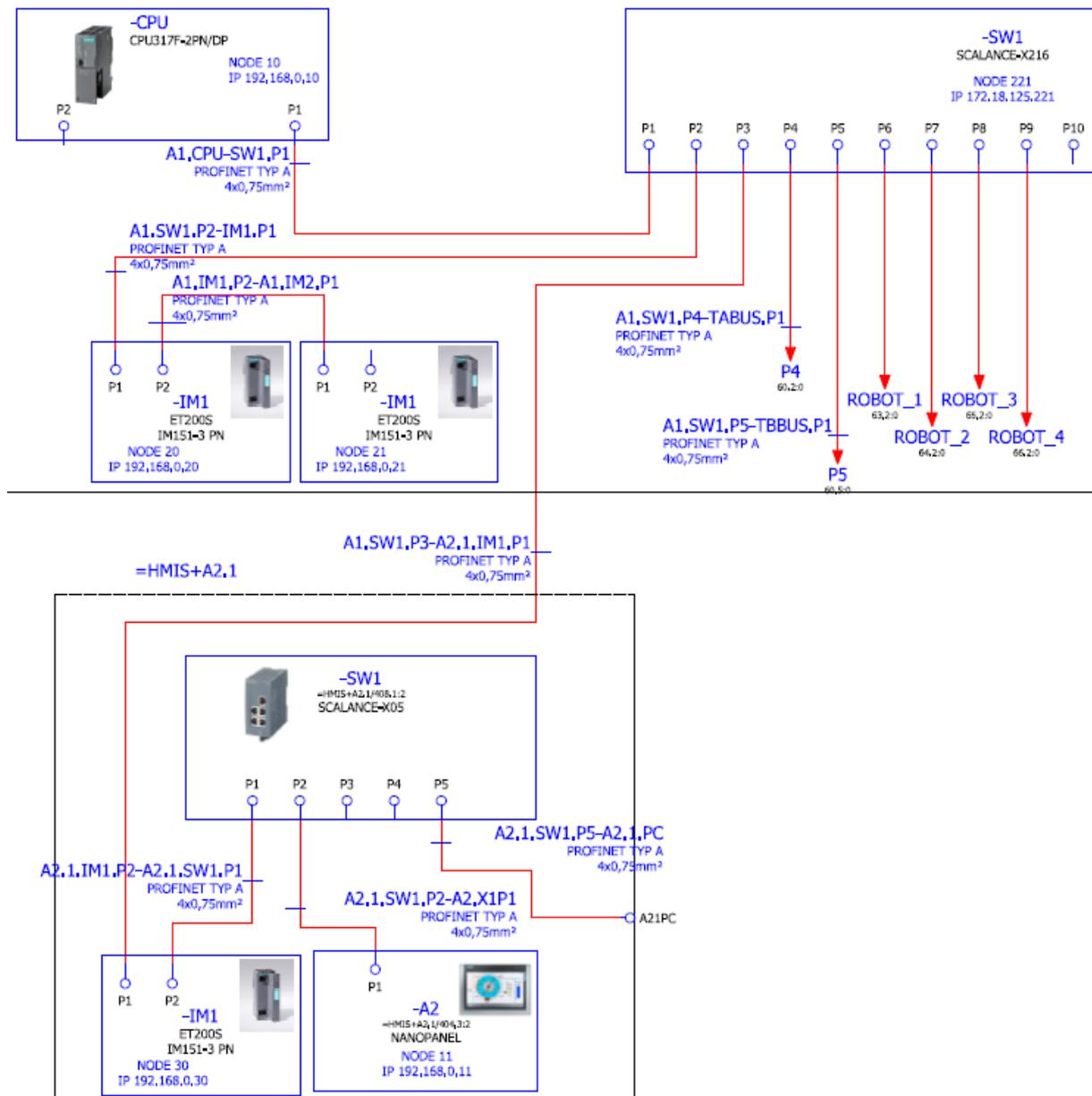
Todo el traspaso de información por los diferentes elementos de la instalación, se realiza mediante “PROFINET TYP A”. La diferencia en el tipo de cable, para nuestro caso A, es que una vez instalado no se vuelve a mover.



Fuente: (HELUKABEL, 2018) [\[24\]](#)

Figura 5.4.1 – Sección del cable PROFINET.

A continuación se muestra el diagrama de conexión principal de la red PROFINET.



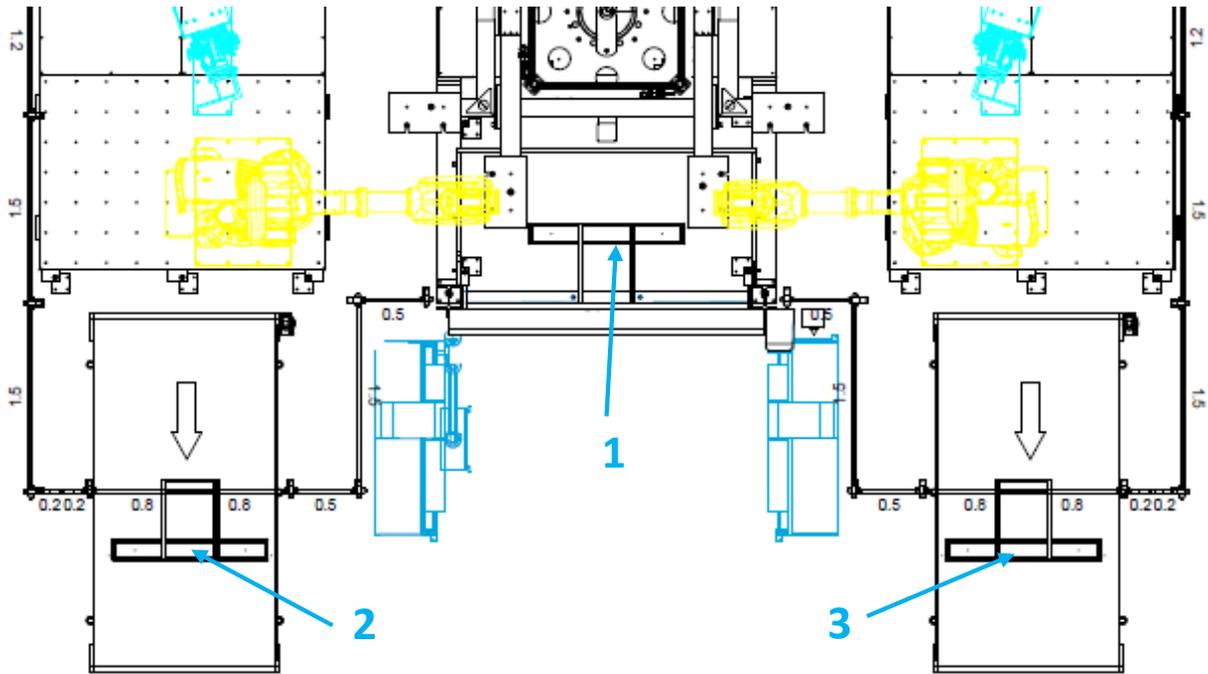
Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.4.2 – Esquema conexión PROFINET.

5.5 Cálculo de la iluminación

Es importante en lugares en los que se va a trabajar durante bastantes horas que la iluminación del puesto de trabajo sea la adecuada para la función que se desempeña en el mismo y por supuesto que es un requisito del cliente cumplir con las especificaciones en este campo.

En este proyecto vamos a tener 3 luminarias: 1 en el puesto de operario para facilitar la carga de componentes en los útiles y las otras dos van a estar en cada uno de los *conveyor* de salida de la instalación para facilitar la extracción de piezas de la misma.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.5.1 – Distribución de luminarias en la instalación.

Luminaria	Referencia luminaria	Valor medio recom. (lx)	Altura luminaria (m)	Valor obtenido (lx)
1	OSRAM T8-G13-SPLIT	300-800	2,25	527
2	OSRAM T8-G13-SPLIT	300-800	2	793
3	OSRAM T8-G13-SPLIT	300-800	2	793

Tabla 5.5.2 – Valores obtenidos en la instalación.

Por lo que los valores en los puestos de trabajo están entre los valores medios recomendados para esta actividad.

5.6 Instalaciones de fluidos

A lo largo de los anteriores puntos, se ha visto que es necesario el uso de una línea de aire comprimido y de agua de refrigeración para hacer frente a la demanda de cada uno de los elementos que lo necesitan. La instalación tendrá una sola toma para cada una de las instalaciones generales (en nuestro caso una). Los valores aproximados de cada uno de los puntos de suministro serán:

- Acometida de agua de refrigeración al panel general de distribución con una diferencia como mínimo de 405300 Pa (4 bar) entre la entrada y la salida con una temperatura que estará entre los 12° y 18°.

- Acometida de aire al panel general de distribución de 607950 Pa (6 bar).
- Acometida de gas al panel mediante depósitos generales o mediante batería de botellas. En el caso objeto de estudio no va a ser utilizada ya que la soldadura que se lleva a cabo es íntegramente por resistencia.^[25]

5.7 Instalaciones de humos, gases y vapores

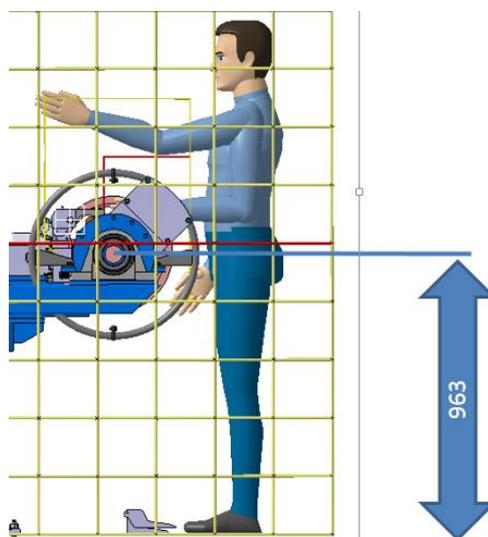
Para la instalación vista no es necesario ningún tipo de extracción debido al proceso escogido pero en instalaciones con soldadura al arco es necesario un sistema de captación, filtrado y extracción en cada una de las operaciones en las que se produzcan estos gases.

La instalación de captación deberá ser concebida para la correcta extracción de aire contaminado sin que afecte a la calidad del producto.

5.8 Documentación a entregar al finalizado del proyecto

Una vez finalizada la construcción y la puesta en marcha de la instalación, es necesaria la entrega de la siguiente documentación:

- Planos mecánicos de todos los elementos junto con las listas de material comerciales empleados.
- Esquemas de conexionado de la instalación y de cada uno de los elementos.
- Cálculo de ergonomía del puesto de trabajo: Todos los movimientos de componentes que el operario va a realizar, tienen que estar dentro del cubo de ergonomía.



Fuente: (INTEROB, 2018)

Figura 5.8.1 – Zona de ergonomía.

- Cálculos mecánicos. En especial de los elementos que tienen movimiento, como por ejemplo, peso de la mesa, centro de gravedad de los conjuntos, etc.

- Cálculos de consumo eléctrico. Es importante tener un consumo estimado de la potencia eléctrica que consumen cada una de las partes de la instalación.
- Cálculo de la iluminación de cada uno de los puestos de trabajo.
- Cálculo neumático. Al igual que para el caso anterior, es necesario tener dimensionada la entrada de aire comprimido que necesita la instalación para abastecer a cada uno de los equipos.
- Evaluación de riesgos de la celda. Para cada equipo que hay en la celda, hay que saber los posibles riesgos que puede tener una persona con el uso de cada uno de los equipos. También tendremos que tener una matriz asociada de riesgos.
- Análisis modal de fallos y efectos (AMFE). Donde se van a analizar todos los posibles fallos potenciales que pueden suceder en la instalación.
- *Backup* del programa cargado en el PLC y de cada uno de los robots actualizado.

6. SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

Haciendo una recapitulación de los temas vistos hasta ahora, podemos ver que se han descrito los diferentes elementos a nivel mecánico que puede haber en una instalación de soldadura, también se han descrito los diferentes elementos eléctricos que forman parte de una instalación. Se ha continuado con los diferentes elementos auxiliares y con el diseño eléctrico de la instalación así como también se han visto otras instalaciones que son necesarias en la celda. Todo esto forma parte de la sección de diseño del proyecto ya que hasta ahora todo lo que se han visto son los elementos necesarios para la construcción de la instalación.

6.1 Planificación de actividades

A continuación se muestran las diferentes actividades con las que hay que contar a la hora de realizar el proyecto de una instalación y quedan perfectamente definidas en el Gannt del Anexo 4:

- 1) El primer lugar, y el más importante, es la recepción del pedido por parte del cliente para la construcción de la celda. Sin haber un pedido no se puede comenzar ninguna de las etapas. Una vez recibido el pedido, podemos comenzar el proyecto y se realizará la orden de compra para el pedido de materiales de largo plazo de entrega: robots, pinzas de soldadura y unidad de giro por parte del departamento de compras. Todo este proceso tiene un tiempo estimado de 101 días de duración.
- 2) Realización del estudio a nivel mecánico (3D) de la instalación. Una vez realizado y validado por parte del cliente, podemos comenzar con el diseño 2D, el diseño eléctrico, la factibilidad de la celda (mediante programas como Robcad), programación *off-line* y del PLC (programación en STEP 7). Aproximadamente unos 68 días de duración.
- 3) El siguiente paso, es la recepción de los componentes unitarios de los productos que van a ser soldados en la instalación. Este material es enviado por el cliente. Este proceso es un proceso largo (tiempo estimado de 196 días), ya que cada uno de los componentes unitarios se van modificando hasta conseguir la geometría deseada.
- 4) Fabricación y montaje de todos los elementos mecánicos de la instalación. Duración estimada de 25 días.
- 5) Equipado⁷ de los útiles de soldadura y de cada uno de los elementos de la instalación. Esta actividad tiene una duración de 6 días.
- 6) Medición de los útiles de soldadura. Debido a los errores de mecanizado es necesario conocer la posición de las diferentes zonas de apoyo de la pieza y en caso de estar desviadas, ajustarlas mediante calas de reglaje. Duración estimada de 7 días.

⁷ Se trata montar toda la parte neumática y toda la parte eléctrica sobre la parte mecánica de los elementos. Por ejemplo, un cilindro neumático tendrá que tener dos tubos de conexión (uno para el avance y el retroceso) y dos detectores (uno para detectar el avance y otro para el retroceso).

- 7) Una vez recibidos todos los elementos fabricados y todos los elementos comerciales pedidos, comienza el ensamblaje de todos en la instalación y a continuación comienzan la programación de la instalación. Para comprobar el funcionamiento de la celda es necesaria la fabricación de varios lotes de piezas para conseguir la fiabilización de la instalación. Estas tareas son las más extensas de todo el proceso y tienen una duración estimada de 230 días.
- 8) Una vez terminada la celda y comprobada se transporta a la planta del cliente. Debido a la cercanía, la celda puede ser transportada en 1 día.
- 9) Montaje y puesta a punto de nuevo de la instalación. Duración estimada de 58 días.
- 10) Validación definitiva y aceptación por parte de cliente de la instalación. Duración estimada de 1 semana.

6.2 Estimación económica de la instalación.

A continuación veremos una estimación de los costes de fabricación y puesta a punto de una instalación de soldadura.

En este cuadro se incluye en euros:

- 1) Costes de todos los materiales comerciales para la instalación.
- 2) Coste del diseño de la instalación.
- 3) Transporte de componentes.
- 4) Fabricación, montaje y transporte en los diferentes talleres de los elementos diseñados.
- 5) Equipado de los elementos fabricados.
- 6) Medición de utillajes.
- 7) Montaje, equipado y programación de la instalación. También se incluyen los gastos de la comprobación geométrica de los productos soldados.
- 8) Transporte de la instalación.
- 9) Remontaje y puesta a punto de la instalación.

Etapa del proyecto	Pedido material comercial	Diseño	Fabricación	Montaje	Equipado	Medición	Programación	Transporte	Total
1	347000	0	0	0	0	0	0	0	347000
2	0	100000	0	0	0	0	0	0	100000
3	0	0	0	0	0	0	0	2500	2500
4	0	0	180000	15000	0	0	0	2000	197000
5	0	0	0	0	10000	0	0	0	10000

6	0	0	0	0	0	10000	0	0	10000
7	0	0	0	20000	30000	10000	60000	0	120000
8	0	0	0	0	0	0	0	4000	4000
9	0	0	0	5000	5000	0	12000	0	22000
Total	347000	100000	180000	40000	45000	20000	72000	8500	812500 €

7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

7.1 Conclusiones

En este trabajo se han visto cada una de las partes que están involucradas en la construcción de una celda que puede ser usada para el sector de la automoción, donde se ha entrado a nivel detallado en todos los elementos que componen la parte mecánica y eléctrica de la instalación.

También se ha hecho un seguimiento a las diferentes fases del proyecto, desde la concepción inicial de la celda hasta el remontaje en planta final, pasando por el diseño, la validación y la construcción de la celda.

Para concluir, hemos visto que el montaje de este tipo de celdas es una opción por la que se está apostando en la actualidad debido a las numerosas ventajas que tiene.

7.2 Trabajos futuros

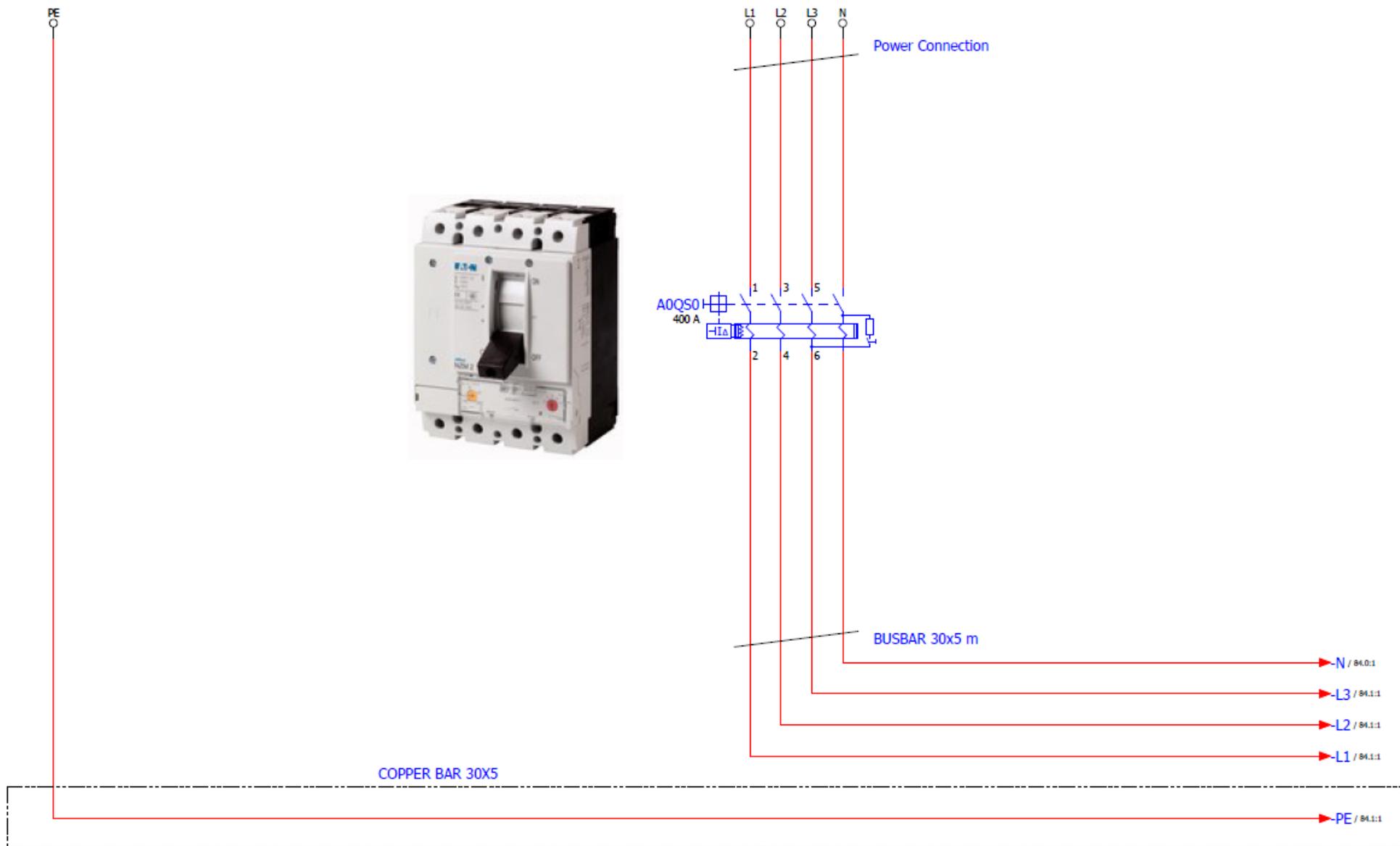
El diseño de la instalación no valdría de nada sin un diseño previo de cada uno de los útiles de soldadura que vamos a tener en la instalación. El diseño de los útiles es un campo en el que también intervienen muchos departamentos ya que va a tener parte mecánica, eléctrica y neumática. Sabiendo esto, para trabajos futuros, queda pendiente el diseño de los útiles y el desarrollo de cada una de las fases que intervienen en el mismo.

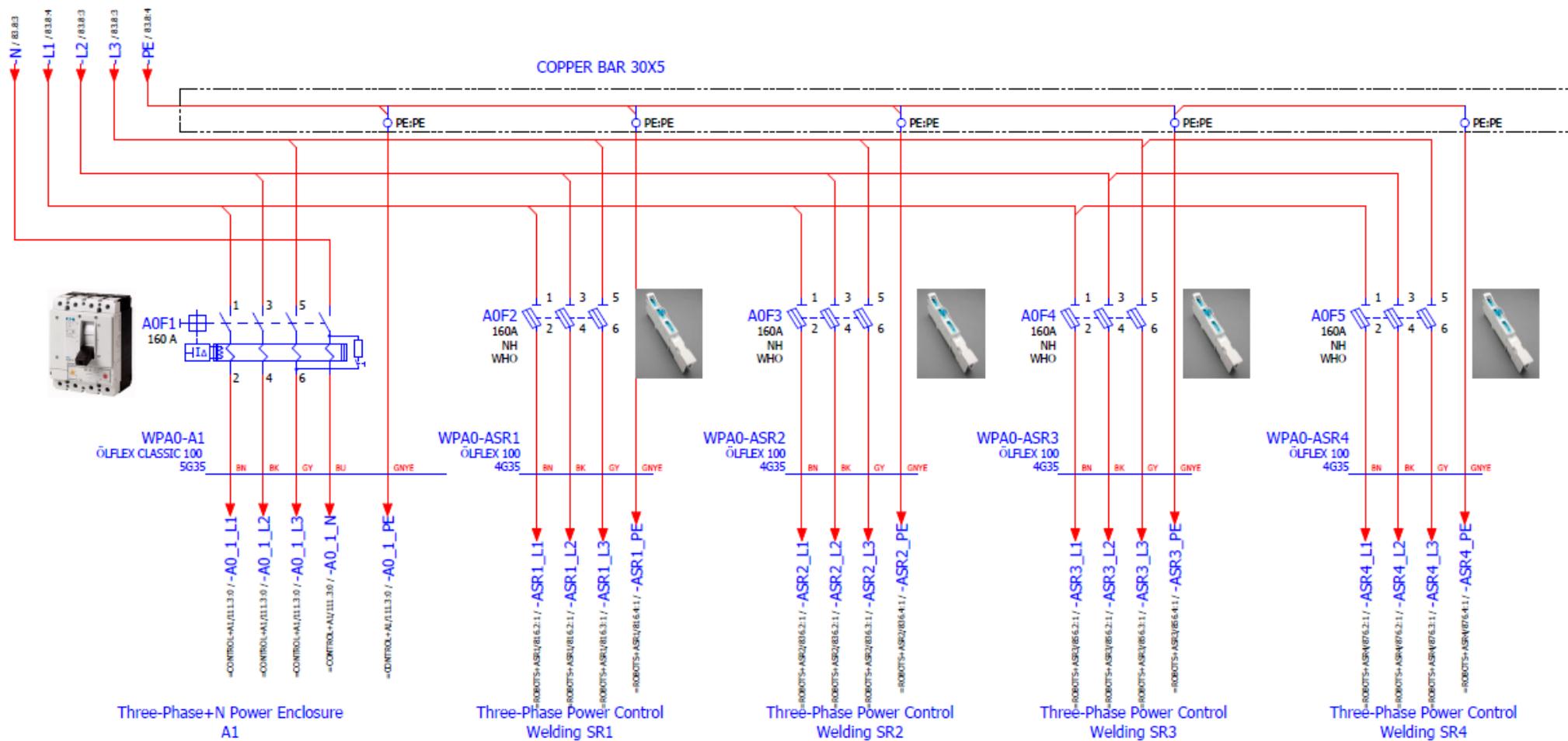
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NEXUS 3500. “Celda Robótica para Soldadura” <<https://www.powermig.com.br/es/celulas-robotizadas/posicionador-horizontal/celula-robotizada-para-soldagem-nexus-3500-23>> [Consulta: 03 de Junio de 2018].
- [2] Cross Car Beam. Brief introduction of “Cross Car Beam”. <<http://www.rpworld.com/en/index.php/ccb/>> [Consulta: 03 de Junio de 2018].
- [3] Robots de soldadura por puntos. <<https://www.eurobots.com.ar/used-welding-robots-t2-es.html>> [Consulta: 03 de Junio de 2018].
- [4] TROAX. “Soluciones de seguridad para Automatización y Robótica”. <https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/8270/CATALOGO-AR.pdf> [Consulta: 03 de Junio de 2018].
- [5] BAMBU. “Tip Dresser”. <<http://www.bambutech.com/tip-dressers/?lang=en>> [Consulta: 03 de Junio de 2018].
- [6] LEROY MERLIN. “Cómo ahorrar en los garajes” <<https://comunidad.leroymerlin.es/t5/ProyectosGarajes/C%C3%B3mo-ahorrar-en-garajes-cambio-a-tubos-de-led/idi-p/199441>> [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [7] SUMIDEEC. “Base enchufe 2P+T lateral estanco gris 069733”. <<https://www.sumidelec.com/base-enchufe-2pt-lateral-estanco-gris-069733-legrand-p-7945>> [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [8] ALIBABA. <<https://spanish.alibaba.com/p-detail/male-and-female-16a-4p-380v-1242-new-model-european-standard-wall-socket-plug-socket-lx-60364548295.html>> [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [9] IFM. “Detector inductivo de seguridad”. <<https://www.ifm.com/es/es/product/gm705s>> [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [10] GOIZPER. “PGI SERIES INDEX TABLES”. <http://www.goizper.com/store/descargas/productos/pr_00246/Goizper%20PGI%20220-1120%20Catalogue%20ES-EN.pdf> [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [11] GESTAMP AUTOMOCIÓN. Versión 0-(02/04/08). Estándar División Europa 1. “Módulo automatismo eléctrico y programación”. 2.5.1- Baliza de instalación. [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [12] MERCADO LIBRE. “Baliza Torre Led Fija e Intermitente”. <<https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-435633181-baliza-torre-led-fija-e-intermitente-proinsu-chile-desde- JM>> [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [13] ELECTRÓNICA EMBAJADORES. <<https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/CJIT004/cajas-para-electronica/cajas-de-control-maniobra/caja-de-control-maniobra-seta-emergencia-1-nc>> [Consulta: 04 de Junio de 2018].

- [14] EUCHNER. “Multifuncional Gate Box MGB-AP” <<https://www.euchner.de/es-es/Productos/Multifuncional-Gate-Box-MGB/Multifuncional-Gate-Box-MGB-AP>> [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [15] SICK. “Sensor intelligence”. <<http://www.interempresas.net/Seguridad/FeriaVirtual/Producto-Barrera-fotoelectronica-de-seguridad-Sick-Optik-M4000-34757.html>> [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [16] GESTAMP AUTOMOCIÓN. Versión 0-(02/04/08). Estándar División Europa 1. “Módulo automatismo eléctrico y programación”. 2.2- Panel Operador. [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [17] GESTAMP AUTOMOCIÓN. Versión 0-(02/04/08). Estándar División Europa 1. “Módulo automatismo eléctrico y programación”. 2.1- Armario de Control. [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [18] SERRA SOLDADURA. AS-1-100. Armario de control. “Para Robots, pinzas estáticas, máquinas punteadoras y prensas con automatismos”. [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [19] SERRA SOLDADURA. Revisión 0. Q1J02988-A001. “UNR230_SERRA” [Consulta: 04 de Junio de 2018].
- [20] ABB Sistemas Industriales S.A. Manufacturing Industries & Robotics Area. “IRC5: Descripción del Sistema y entorno”. Página 9. [Consulta: 06 de Junio de 2018].
- [21] GESTAMP AUTOMOCIÓN. Versión 0-(02/04/08). Estándar División Europa 1. “Módulo automatismo eléctrico y programación”. 2.3- Armario de Soldadura. [Consulta: 06 de Junio de 2018].
- [22] HARTING IBERIA. “Han-Modular. El estándar de mercado para los conectores modulares”. <<http://www.harting.es/productos-y-soluciones/tecnologia-de-instalacion/han-modular/>> [Consulta: 30 de Junio de 2018].
- [23] MECALUX. “Unidad de control para marcado COUTH MC 2000T”. <<https://www.logismarket.es/couth/unidad-de-control/1921561427-816725427-p.html>> [Consulta: 06 de Junio de 2018].
- [24] HELUKABEL. “PROFINET TYP A”. <<http://www.helukabel.pl/katalog-produktow/kable-i-przewody/przewody-do-transmisji-danych/przewody-do-systemow-automatyki-przemyslowej/profinet-typ-a.html>> [Consulta: 08 de Junio de 2018].
- [25] GESTAMP AUTOMOCIÓN. Versión 1-(30/09/09). Estándar División Europa 1. “Especificaciones técnicas para instalaciones de ensamblado”. 7- Humos, gases y vapores. [Consulta: 30 de Junio de 2018].

ANEXOS





=CONTROL+A1/100

Date:	07/11/2015	TRVERSE	POWER 380VAC	TRVERSE	=DIST	Bl. 84
Prepared by:	DTECNICO				+A0	
Date of Review:	09/05/2018					
Reviewed by:						

3- Tabla de entradas y salidas

Carta de entrada	Bit	Nombre	Descripción
STI1	0	I0.0	Potencia de refrigeración
	1	I0.1	Potencia de distribución de 24V
	2	I0.2	Control de potencia de distribución de 24V
	3	I0.3	Reserva
	4	I0.4	Motor de la mesa de giro
	5	I0.5	Motor del <i>conveyor</i> C1
	6	I0.6	Motor del <i>conveyor</i> C2
	7	I0.7	Reserva
STI2	0	I1.0	Presostato de presión de 6 bar
	1	I1.1	Control del caudal de agua
	2	I1.2	Control del flujo de aire comprimido
	3	I1.3	Reserva
	4	I1.4	Reserva
	5	I1.5	Control de presión en ST1
	6	I1.6	Control de presión en ST2
	7	I1.7	Reserva
STI3	0	I2.0	Validación A5.3
	1	I2.1	Validación A5.6
	2	I2.2	Defecto en puerta P1
	3	I2.3	Requerimiento de apertura de puerta P1
	4	I2.4	Bloque puerta P1
	5	I2.5	Puerta ALBANY abierta
	6	I2.6	Puerta ALBANY cerrada
	7	I2.7	Puerta ALBANY en funcionamiento
STI4	0	I3.0	Control de avance mesa giro
	1	I3.1	Control de retroceso de la mesa de giro
	2	I3.2	Liberación en avance de la mesa de giro
	3	I3.3	Liberación en retroceso de la mesa de giro
	4	I3.4	Control de posición
	5	I3.5	Reserva
	6	I3.6	Reserva
	7	I3.7	Reserva
STI5	0	I4.0	Marcadora 1 (entrada 1)
	1	I4.1	Marcadora 1 (entrada 2)
	2	I4.2	Marcadora 1 (entrada 3)
	3	I4.3	Marcadora 2 (entrada 1)
	4	I4.4	Marcadora 2 (entrada 2)
	5	I4.5	Marcadora 2 (entrada 3)
	6	I4.6	Avance <i>conveyor</i> C1
	7	I4.7	Avance <i>conveyor</i> C2
STO1	0	A00.0	Control iluminación puesto de operario

	1	A00.1	Control iluminación <i>conveyor</i> de salida
	2	A00.2	Captor de funcionamiento de la instalación
	3	A00.3	Señal para el contador (1)
	4	A00.4	Señal para el contador (2)
	5	A00.5	Señal para el contador (3)
	6	A00.6	Señal para el contador (4)
	7	A00.7	Puerta P1 abierta
STO2	0	A01.0	Válvula de arranque suave
	1	A01.1	Válvula de corte de agua de entrada
	2	A01.2	Válvula de corte de agua de salida
	3	A01.3	Reserva
	4	A01.4	Reserva
	5	A01.5	Reserva
	6	A01.6	Reserva
	7	A01.7	Reserva
STO3	0	A02.0	Luz de requerimiento de acceso de la puerta P1
	1	A02.1	Luz de bloqueo de la puerta P1
	2	A02.2	Luz de <i>reset</i> de fallos de la puerta P1
	3	A02.3	Acceso prohibido
	4	A02.4	Señal acústica-luminosa de inicio
	5	A02.5	Condiciones ok
	6	A02.6	Acceso asegurado
	7	A02.7	Reserva
STO4	0	A03.0	Estado Robot 1
	1	A03.1	Estado Robot 2
	2	A03.2	Estado Robot 3
	3	A03.3	Estado Robot 4
	4	A03.4	Reserva
	5	A03.5	Reserva
	6	A03.6	Reserva
	7	A03.7	Reserva
STO5	0	A04.0	<i>Conveyor</i> C1
	1	A04.1	<i>Conveyor</i> C2
	2	A04.2	Apertura segura puerta
	3	A04.3	Cierre seguro puerta
	4	A04.4	Reserva
	5	A04.5	Reserva
	6	A04.6	Reserva
	7	A04.7	Reserva
STO6	0	A05.0	Inicio marcadora MC1
	1	A05.1	Paro marcadora MC1
	2	A05.2	Bit 1 marcadora MC1
	3	A05.3	Bit 2 marcadora MC1
	4	A05.4	Inicio marcadora MC2
	5	A05.5	Paro marcadora MC2

	6	A05.6	Bit 1 marcadora MC2
	7	A05.7	Bit 2 marcadora MC2
STO7	0	A06.0	Avance mesa
	1	A06.1	Retroceso mesa
	2	A06.2	Velocidad lenta
	3	A06.3	Velocidad rápida
	4	A06.4	Mesa habilitada
	5	A06.5	Reserva
	6	A06.6	Reserva
	7	A06.7	Reserva
SFI1	0	I1000.0	Parada de emergencia A5.1-SBE (canal A)
	1	I1000.4	Parada de emergencia A5.1-SBE (canal B)
	2	I1000.1	Derivación de aire A5.2-SBE (canal A)
	3	I1000.5	Derivación de aire A5.2-SBE (canal B)
	4	I1000.2	Parada de emergencia A5.3-SBE (canal A)
	5	I1000.6	Parada de emergencia A5.3-SBE (canal B)
	6	I1000.3	Parada de emergencia A5.4-SBE (canal A)
	7	I1000.7	Parada de emergencia A5.4-SBE (canal B)
SFI2	0	I1006.0	Parada de emergencia P1-SBE (canal A)
	1	I1006.4	Parada de emergencia P1-SBE (canal B)
	2	I1006.1	Puerta cerrada P1(canal A)
	3	I1006.5	Puerta cerrada P1(canal B)
	4	I1006.2	Interruptor general 1
	5	I1006.6	Interruptor general 2
	6	I1006.3	Seguridad de puerta SD1 cerrada (canal A)
	7	I1006.7	Seguridad de puerta SD1 cerrada (canal B)
SFI3	0	I10012.0	Luz de cortina (canal A)
	1	I10012.4	Luz de cortina (canal B)
	2	I10012.1	Interruptor de seguridad ST1
	3	I10012.5	Interruptor de seguridad ST2
	4	I10012.2	Control contactores GS
	5	I10012.6	Control contactores AS
	6	I10012.3	Control contactores mesa de giro
	7	I10012.7	Control relés SD1
SFI4	0	I10018.0	Sensor de posición SQ1 (canal A)
	1	I10018.4	Sensor de posición SQ1 (canal B)
	2	I10018.1	Sensor de posición SQ2 (canal B)
	3	I10018.5	Sensor de posición SQ2 (canal B)
	4	I10018.2	Parada de emergencia A5.7-SBE (canal A)
	5	I10018.6	Parada de emergencia A5.7-SBE (canal B)
	6	I10018.3	Parada de emergencia A5.8-SBE (canal A)
	7	I10018.7	Parada de emergencia A5.8-SBE (canal B)
SFI5	0	I10024.0	Parada emergencia AR1 (canal A)
	1	I10024.4	Parada emergencia AR1 (canal B)
	2	I10024.1	Parada emergencia AR2 (canal A)

	3	I10024.5	Parada emergencia AR2 (canal B)
	4	I10024.2	Parada emergencia AR3 (canal A)
	5	I10024.6	Parada emergencia AR3 (canal B)
	6	I10024.3	Parada emergencia AR4 (canal A)
	7	I10024.7	Parada emergencia AR4 (canal B)
SFI6	0	I10030.0	Parada emergencia A5.5-SBE (canal A)
	1	I10030.4	Parada emergencia A5.5-SBE (canal B)
	2	I10030.1	EPS AR3 AREA 1 (canal A)
	3	I10030.5	EPS AR3 AREA 1 (canal B)
	4	I10030.2	EPS AR4 AREA 1 (canal A)
	5	I10030.6	EPS AR4 AREA 1 (canal B)
	6	I10030.3	Parada emergencia A5.6-SBE (canal A)
	7	I10030.7	Parada emergencia A5.6-SBE (canal B)
SF01	0	I10050.0	Celda en emergencia
	1	I10050.1	Celda en parada de automático
	2	I10050.2	Válvula de seguridad 1
	3	I10050.3	Válvula de seguridad 2
SF02	0	I10055.0	Parada de mesa de giro
	1	I10055.1	Parada de ALBANY
	2	I10055.2	Reserva
	3	I10055.3	Reserva
SF03	0	I10060.0	Suministro corriente ST1
	1	I10060.1	Suministro corriente ST2
	2	I10060.2	Válvula de seguridad
	3	I10060.3	Válvula de seguridad
SF03	0	I10065.0	Reserva
	1	I10065.1	Reserva
	2	I10065.2	Reserva
	3	I10065.3	Reserva

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesos	2018												2019															
						7 sep	tri 4, 2017	tri 1, 2018	tri 2, 2018	tri 3, 2018	tri 4, 2018	tri 1, 2019	tri 2, 2019	tri 1, 2018	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul
0	PLANING	468 días	mié 20/09/17	vie 05/07/19		[Gantt bar for PLANING]																											
1	1 ORDER	101 días	mié 20/09/17	mié 07/02/18		[Gantt bar for 1 ORDER]																											
2	1.1 Order CUSTOMER	21 días	mié 20/09/17	mié 18/10/17		[Gantt bar for 1.1 Order CUSTOMER]																											
3	1.2 Order Turn Tables GOIZPER	10 sem.	vie 27/10/17	jue 04/01/18		[Gantt bar for 1.2 Order Turn Tables GOIZPER]																											
4	1.3 Order Welding Control	12 sem.	vie 03/11/17	jue 25/01/18		[Gantt bar for 1.3 Order Welding Control]																											
5	1.4 Order Welding Guns	12 sem.	vie 03/11/17	jue 25/01/18		[Gantt bar for 1.4 Order Welding Guns]																											
6	1.5 Order Safety barriers	8 sem.	vie 27/10/17	jue 21/12/17		[Gantt bar for 1.5 Order Safety barriers]																											
7	1.6 Order Conveyors	10 sem.	vie 27/10/17	jue 04/01/18		[Gantt bar for 1.6 Order Conveyors]																											
8	1.7 Order COUTH	8 sem.	vie 27/10/17	jue 21/12/17		[Gantt bar for 1.7 Order COUTH]																											
9	1.8 Order AMDP	8 sem.	vie 27/10/17	jue 21/12/17		[Gantt bar for 1.8 Order AMDP]																											
10	1.9 Order Albany	8 sem.	vie 27/10/17	jue 21/12/17		[Gantt bar for 1.9 Order Albany]																											
11	1.10 Orders Grippers (Clamps & Pins - Destaco)	4 sem.	jue 30/11/17	mié 27/12/17		[Gantt bar for 1.10 Orders Grippers]																											
12	1.11 Order LEONI	13 sem.	lun 30/10/17	vie 26/01/18		[Gantt bar for 1.11 Order LEONI]																											
13	1.12 Order TROAX	8 sem.	vie 27/10/17	jue 21/12/17		[Gantt bar for 1.12 Order TROAX]																											
14	1.13 Mechanical commercial orders	5 sem.	jue 04/01/18	mié 07/02/18	21;22	[Gantt bar for 1.13 Mechanical commercial orders]																											
15	1.14 Electric commercial orders	5 sem.	jue 04/01/18	mié 07/02/18	21;22	[Gantt bar for 1.14 Electric commercial orders]																											
16	2 STUDIES	68 días	lun 30/10/17	mié 31/01/18		[Gantt bar for 2 STUDIES]																											
17	2.1 STUDIES SUBASSEMBLY	68 días	lun 30/10/17	mié 31/01/18		[Gantt bar for 2.1 STUDIES SUBASSEMBLY]																											
18	2.1.1 Preliminary project validation	5 días	lun 30/10/17	vie 03/11/17		[Gantt bar for 2.1.1 Preliminary project validation]																											
19	2.1.2 Mechanical studies 3D Tooling	7 sem.	lun 06/11/17	vie 22/12/17		[Gantt bar for 2.1.2 Mechanical studies 3D Tooling]																											
20	2.1.3 Mechanical studies 3D Installations	7 sem.	lun 06/11/17	vie 22/12/17		[Gantt bar for 2.1.3 Mechanical studies 3D Installations]																											
21	2.1.4 3D validation Tooling	2 días	mar 02/01/18	mié 03/01/18	20	[Gantt bar for 2.1.4 3D validation Tooling]																											
22	2.1.5 3D validation Tooling Installations	2 días	mar 02/01/18	mié 03/01/18	20	[Gantt bar for 2.1.5 3D validation Tooling Installations]																											
23	2.1.6 Mechanical studies 2D Tooling	1,4 sem.	jue 04/01/18	vie 12/01/18	21	[Gantt bar for 2.1.6 Mechanical studies 2D Tooling]																											
24	2.1.7 Mechanical studies 2D Installations	1,4 sem.	jue 04/01/18	vie 12/01/18	21	[Gantt bar for 2.1.7 Mechanical studies 2D Installations]																											
25	2.1.8 Electrical studies	20 días	jue 04/01/18	mié 31/01/18	21	[Gantt bar for 2.1.8 Electrical studies]																											
26	2.1.9 PLC and HMI programming studies	20 días	jue 04/01/18	mié 31/01/18	21	[Gantt bar for 2.1.9 PLC and HMI programming studies]																											
27	2.1.10 Off Line Programming and cell Robcad	20 días	jue 04/01/18	mié 31/01/18	21	[Gantt bar for 2.1.10 Off Line Programming and cell Robcad]																											
28	3 DELIVERY PARTS	196 días	lun 12/02/18	lun 12/11/18		[Gantt bar for 3 DELIVERY PARTS]																											
29	3.1 V1 Parts (110 parts) Need to V1	1 día	lun 12/02/18	lun 12/02/18		[Gantt bar for 3.1 V1 Parts]																											
30	3.2 VC1 Parts (150 parts) Need to VC1	1 día	lun 02/04/18	lun 02/04/18		[Gantt bar for 3.2 VC1 Parts]																											
31	3.3 VC2 Parts (150 parts) Need to VC2	1 día	lun 07/05/18	lun 07/05/18		[Gantt bar for 3.3 VC2 Parts]																											
32	3.4 ABPT1 Parts (400 parts) Need to ABPT1	1 día	lun 20/08/18	lun 20/08/18		[Gantt bar for 3.4 ABPT1 Parts]																											
33	3.5 ABPT2 Parts (600 parts) Need to ABPT2	1 día	lun 12/11/18	lun 12/11/18		[Gantt bar for 3.5 ABPT2 Parts]																											
34	4 MANUFACTURE TOOLINGS	25 días	lun 15/01/18	vie 16/02/18		[Gantt bar for 4 MANUFACTURE TOOLINGS]																											
35	4.1 MANUFACTURE TOOLINGS SUBASSEMBLY (x2)	25 días	lun 15/01/18	vie 16/02/18		[Gantt bar for 4.1 MANUFACTURE TOOLINGS SUBASSEMBLY]																											
36	4.1.1 TOOLING SUBASSEMBLY (x1)	5 sem.	lun 15/01/18	vie 16/02/18	23	[Gantt bar for 4.1.1 TOOLING SUBASSEMBLY]																											
37	4.1.2 TOOLING SUBASSEMBLY (x1)	5 sem.	lun 15/01/18	vie 16/02/18	23	[Gantt bar for 4.1.2 TOOLING SUBASSEMBLY]																											
38	5 ASSEMBLY ENR TOOLINGS	6 días	lun 19/02/18	lun 26/02/18		[Gantt bar for 5 ASSEMBLY ENR TOOLINGS]																											
39	5.1 ASSEMBLY ENR TOOLINGS SUBASSEMBLY	6 días	lun 19/02/18	lun 26/02/18		[Gantt bar for 5.1 ASSEMBLY ENR TOOLINGS SUBASSEMBLY]																											
40	5.1.1 TOOLING SUBASSEMBLY (x1)	3 días	lun 19/02/18	mié 21/02/18	36	[Gantt bar for 5.1.1 TOOLING SUBASSEMBLY]																											
41	5.1.2 TOOLING SUBASSEMBLY (x1)	3 días	jue 22/02/18	lun 26/02/18	40	[Gantt bar for 5.1.2 TOOLING SUBASSEMBLY]																											
42	6 MEASURE TOOLINGS	7 días	jue 22/02/18	vie 02/03/18		[Gantt bar for 6 MEASURE TOOLINGS]																											
43	6.1 MEASURE TOOLINGS SUBASSEMBLY	7 días	jue 22/02/18	vie 02/03/18		[Gantt bar for 6.1 MEASURE TOOLINGS SUBASSEMBLY]																											
44	6.1.1 TOOLING SUBASSEMBLY (x1)	2 días	jue 22/02/18	vie 23/02/18	40	[Gantt bar for 6.1.1 TOOLING SUBASSEMBLY]																											
45	6.1.2 TOOLING SUBASSEMBLY (x1)	2 días	jue 01/03/18	vie 02/03/18	41	[Gantt bar for 6.1.2 TOOLING SUBASSEMBLY]																											
46	7 MOUNTING	230 días	lun 23/10/17	vie 07/09/18		[Gantt bar for 7 MOUNTING]																											
47	7.1 MOUNT CELL SUBASSEMBLY	230 días	lun 23/10/17	vie 07/09/18		[Gantt bar for 7.1 MOUNT CELL SUBASSEMBLY]																											
48	7.1.1 Shopping negotiation mechanization	4 días	lun 18/12/17	jue 21/12/17		[Gantt bar for 7.1.1 Shopping negotiation mechanization]																											
49	7.1.2 Manufacture facilities	54 días	lun 23/10/17	jue 04/01/18		[Gantt bar for 7.1.2 Manufacture facilities]																											
50	7.1.3 Delivery Robots	5 días	lun 12/02/18	vie 16/02/18		[Gantt bar for 7.1.3 Delivery Robots]																											
51	7.1.4 Delivery Welding Guns	1 día	vie 26/01/18	vie 26/01/18	5	[Gantt bar for 7.1.4 Delivery Welding Guns]																											
52	7.1.5 Mounting racks, tables, doors (fortress), robots, etc.	15 días	lun 08/01/18	vie 26/01/18		[Gantt bar for 7.1.5 Mounting racks, tables, doors (fortress), robots, etc.]																											
53	7.1.6 Installation and commissioning	35 días	lun 08/01/18	vie 23/02/18		[Gantt bar for 7.1.6 Installation and commissioning]																											
54	7.1.7 Realization of electrical cabinets and chests	20 días	jue 01/02/18	mié 28/02/18	25	[Gantt bar for 7.1.7 Realization of electrical cabinets and chests]																											
55	7.1.8 Assembly robots welding equipment	8 días	lun 19/02/18	mié 28/02/18	4,5;50;51	[Gantt bar for 7.1.8 Assembly robots welding equipment]																											
56	7.1.9 ENR General Installation	35 días	lun 08/01/18	vie 23/02/18		[Gantt bar for 7.1.9 ENR General Installation]																											

PLANING V2

Tarea		Resumen del proyecto		Tarea inactiva		Sólo duración		Sólo fin	
División		Tareas externas		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Progreso	
Hito		Hito externo		Resumen inactivo		Resumen manual		Fecha límite	
Resumen		Tarea inactiva		Tarea manual		Sólo el comienzo			

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesos	2018												2019						
						tri. 4. 2017				tri. 1. 2018		tri. 2. 2018		tri. 3. 2018		tri. 4. 2018		tri. 1. 2019		tri. 2. 2019				
						7 sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar
57	7.1.10 PLC Programming	7 días	lun 26/02/18	mar 06/03/18	56																			
58	7.1.11 Testing	7 días	mié 07/03/18	jue 15/03/18	57																			
59	7.1.12 Fencing	3 días	lun 26/02/18	mié 28/02/18																				
60	7.1.13 TOOLING SUBASSEMBLY (x2)	139 días	mar 27/02/18	vie 07/09/18	43																			
61	7.1.13.1 INSTALL TOOLING SUBASSEMBLY (x1)	1 día	lun 05/03/18	lun 05/03/18	45																			
62	7.1.13.2 TRAJECTORIES TOOLING SUBASSEMBLY (x1)	3 días	mar 06/03/18	jue 08/03/18	61																			
63	7.1.13.3 QUALITY LOOP TOOLING SUBASSEMBLY (x1)	5 días	vie 09/03/18	jue 15/03/18	62																			
64	7.1.13.4 INSTALL TOOLING SUBASSEMBLY (x1)	1 día	lun 19/03/18	lun 19/03/18																				
65	7.1.13.5 TRAJECTORIES TOOLING SUBASSEMBLY (x1)	3 días	mar 20/03/18	jue 22/03/18	64																			
66	7.1.13.6 QUALITY LOOP TOOLING SUBASSEMBLY (x1)	5 días	vie 23/03/18	jue 29/03/18	65																			
67	7.1.13.7 Testing MANU/AUTO	2 días	lun 26/03/18	mar 27/03/18	62;65																			
68	7.1.13.8 Lot V1 (30 parts)	4 días	mar 27/02/18	vie 02/03/18																				
69	7.1.13.9 Lot V1 (80 parts)	4 días	mar 20/03/18	vie 23/03/18	64																			
70	7.1.13.10 Lot VC1 (150 parts)	5 días	lun 16/04/18	vie 20/04/18																				
71	7.1.13.11 Lot VC2 (150 parts)	5 días	lun 21/05/18	vie 25/05/18																				
72	7.1.13.12 Lot ABPT1 (400 parts)	5 días	lun 03/09/18	vie 07/09/18																				
73	8 TRANSPORT TO PLANT	1 día	lun 10/09/18	lun 10/09/18																				
74	8.1 Shipment CELL SUBASSEMBLY	1 día	lun 10/09/18	lun 10/09/18																				
75	9 REASSEMBLY AND SETUP	58 días	mié 12/09/18	vie 30/11/18																				
76	9.1 REASSEMBLY AND SETUP CELL SUBASSEMBLY	58 días	mié 12/09/18	vie 30/11/18																				
77	9.1.1 Cell reimplantation	10 días	mié 12/09/18	mar 25/09/18	74																			
78	9.1.2 Feeding and connections	4 días	mié 26/09/18	lun 01/10/18	77																			
79	9.1.3 Starting, calibration and adjustments robots	3 días	mar 02/10/18	jue 04/10/18	78																			
80	9.1.4 Trajectories	5 días	vie 05/10/18	jue 11/10/18	79																			
81	9.1.5 Welding Parameters and calibration	3 días	vie 12/10/18	mar 18/10/18	80																			
82	9.1.6 QUALITY LOOP	4 días	mié 17/10/18	lun 22/10/18	81																			
83	9.1.7 ABPT2 (800 parts) and final validation	5 días	lun 26/11/18	vie 30/11/18																				
84	10 SOP	1 sem	lun 01/07/19	vie 05/07/19																				

PLANINNG V2

Tarea		Resumen del proyecto		Tarea inactiva		Sólo duración		Sólo fin	
División		Tareas externas		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Progreso	
Hito		Hito externo		Resumen inactivo		Resumen manual		Fecha límite	
Resumen		Tarea inactiva		Tarea manual		Sólo el comienzo			

