



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Flexicélula robotizada de soldadura para el
sector de la automoción**

Autor:

Sánchez Martín, Andrés

Tutor:

**Lorenzana Iban, Antolín
CAITMMCyT Estructuras**

Valladolid, noviembre de 2020.



Resumen.

Las flexicélulas robotizadas de soldadura son instalaciones industriales polivalentes para el ensamblaje de piezas de chapa de automoción mediante soldadura por puntos o soldadura al arco. En este documento explicaremos paso a paso cómo se desarrolla un proyecto de este tipo, desde la solicitud del cliente con sus necesidades, pasando por la oferta técnica que los integradores redactan, la emisión del pedido por parte del cliente, el desarrollo del proyecto tanto técnicamente como planificación y económicamente hasta la entrega de la instalación en casa del cliente.

Palabras clave:

Proyecto, Flexicélula, Robótica, Soldadura, Automoción.

Abstract.

The robotic welding flex cells are multipurpose industrial facilities for the assembly of automotive sheet metal parts by spot welding or arc welding. In this document we will explain step by step how a project of this type is developed, from the client's request with their needs, through the technical offer that the integrators write, the issuance of the order by the client, the development of the project both technically as planning and economically until the delivery of the installation at the customer's home.

Keywords:

Project, Flexicélula, Robotics, Welding, Automotive.



Índices:

Resumen.....	2
Palabras clave:.....	2
Abstract.....	2
Keywords:.....	2
Índice de ilustraciones:.....	5
Agradecimientos	7
1. Introducción y objetivos.....	8
2. Necesidades del cliente.....	10
2.1- Producto.....	11
2.2- Taller	13
2.3- Capacidad y eficiencia.....	14
2.4- Plazo	15
2.5- Proceso.....	16
2.6- Especificaciones técnicas	17
2.7- Condiciones de pago	18
3. Oferta del proveedor.....	19
3.1-Estudio de tiempos	20
3.2- Estudio de la planificación	23
3.3.- Estudio económico.....	24
3.4.- Estudio condiciones de pago	29
4. Lanzamiento del proyecto.....	30
4.1- Actas de reunión	30
4.2- Pedido formal.....	31
4.3- Planificación interna	31
4.4- Compras y Fabricaciones.....	33
4.4.1.- Estrategia de compra	34
5. Descriptivo detallado	35
5.1- Estudio Mecánica	36
5.1.1- Flexicélula.....	37
5.1.2- Utillajes.....	40
5.2- Estudio Eléctrico.....	44
5.3- Estudio Neumático.....	49
5.4- Estudio de Refrigeración	53



5.5- Automatización	54
5.6- Robótica	59
5.7- Pinzas de soldadura	61
5.8- Grupos de soldadura	62
5.9- Marcadoras	64
5.10- Pre-series	67
5.11- Desmontaje y transporte	68
5.12- Montaje en cliente	69
5.13- Certificación CE	70
6. Planificación	71
6.1- Planificación ofertada	72
6.2- Planificación de Proyecto	73
6.3- Tiempos reales tras ejecución	74
6.4- Planificación conclusiones	75
7. Costes	76
7.1- Coste ofertado	77
7.2- Coste teórico de proyecto	78
7.3- Costes real	79
7.4- Costes conclusiones	80
8. Conclusiones	82
8.1- Retorno de experiencia	83
8.2.- Ventajas y desventajas de una Flexicélula	84
8.3.- Ventajas cero vehículo	85
Bibliografía	86
Anexos	88



Índice de ilustraciones:

Ilustración 1 – Imagen 3D de la flexicélula.	8
Ilustración 2 – Tabla descripción de los productos.	11
Ilustración 3 – Tabla descripción de los productos v2.	12
Ilustración 4 – Tabla descripción de las características del taller.	13
Ilustración 5 – Tabla descripción de tiempos de ciclo requeridos por el cliente para cada producto.	14
Ilustración 6 – Tabla plazos para cada hito del proyecto	15
Ilustración 7 – Tabla descripción fabricación de Pre-series requeridas por el cliente	15
Ilustración 8 – Imagen diseño instalación para estudio del proceso.	16
Ilustración 9 – Tabla descripción de productos con puntos de soldadura y tiempos requeridos.	20
Ilustración 10 – Tabla cálculo de tiempo necesario para fabricación de cada producto.	20
Ilustración 11 – Tabla cálculo tiempos de ciclo de utillajes ST1 y ST2.	21
Ilustración 12 – Tabla cálculo tiempos de ciclo de utillajes ST3 y ST4.	21
Ilustración 13 – Tabla cálculo de tiempo requerido para fabricación de cada producto.	22
Ilustración 14 – Tabla descripción de las tareas planificadas con duración, periodo y recursos.	23
Ilustración 15 – Tabla descripción del coste hora de cada competencia	24
Ilustración 16 – Tabla cálculo costes utillaje ST1 y ST2.	25
Ilustración 17 – Tabla cálculo costes utillaje ST3 y ST4.	25
Ilustración 18 – Tabla cálculo costes instalación.	26
Ilustración 19 – Tabla cálculo costes totales.	27
Ilustración 20 – Gráfico balance del proyecto entre oficios.	27
Ilustración 21 – Gráfico balance del proyecto entre recursos humanos y material.	28
Ilustración 22 – Gráfica gastos frente a Ingresos teóricos.	29
Ilustración 23 – Tabla planificación del proyecto por tareas en Microsoft Project.	31
Ilustración 24 – Gráfico planificación del proyecto por tareas en Microsoft Project.	32
Ilustración 25 – Imagen 3D de la flexicélula después del diseño mecánico.	35
Ilustración 26 – Imagen croquis en planta de la flexicélula.	37
Ilustración 27 – Imagen 3D mesa de giro de cuatro posiciones.	38
Ilustración 28 – Foto de la mesa de giro y los robots en las instalaciones de Boscotecno en el montaje.	38
Ilustración 29 – Imagen croquis alcances de un robot ABB IRB 6700/205/2.8.	39
Ilustración 30 – Imagen localización de puntos en el útil con las coordenadas cero vehículo.	40
Ilustración 31 – Imagen localización del eje de referencia del cero vehículo.	40
Ilustración 32 – Imagen elementos necesarios para restringir los seis grados de libertad de una pieza.	41
Ilustración 33 – Imagen viñeta mecánica del utillaje ST1 y ST2.	42
Ilustración 34 – Imagen 3D utillaje ST1 y ST2.	42
Ilustración 35 – Imagen viñeta mecánica del utillaje ST3 y ST4.	43
Ilustración 36 – Imagen 3D utillaje ST3 y ST4.	43
Ilustración 37 – Imagen croquis exterior del armario eléctrico.	44
Ilustración 38 – Foto transformador 400 Vac-230 Vac Manumag TA002255400.	45
Ilustración 39 – Foto fuente 400 Vac-24 Vdc SIEMENS 6EP3437-8MB00-2CY0.	46
Ilustración 40 – Imagen croquis interior del armario eléctrico.	48
Ilustración 41 – Imagen 3D del grupo de tratamiento de aire y agua SMC Q1T00426-C001.	49
Ilustración 42 – Foto grupo eléctrico/neumático SMC EX245 SPR1-X161 para los utillajes.	50
Ilustración 43 – Imagen del grupo de tratamiento SMC Q1T00426-A002 para los utillajes.	50
Ilustración 44 – Imagen croquis grupo SMC para ST1 (igual para ST2).	51
Ilustración 45 – Imagen croquis grupo SMC para ST3 (igual para ST4).	52
Ilustración 46 – Foto flujostato digital SMC PF2W740-F04-67N.	53



Ilustración 47 – Imagen croquis elementos típicos red SICAR SIEMENS.	54
Ilustración 48 – Imagen croquis hardware profinet de la instalación.	54
Ilustración 49 – Tabla elementos hardware profinet de la instalación.	55
Ilustración 50 – Tabla elementos de seguridad de la instalación.	56
Ilustración 51 – Imagen elementos de seguridad de la instalación.	56
Ilustración 52 – Imagen armario pantalla explotación instalación.	57
Ilustración 53 – Tabla botonera de la pantalla de explotación.	57
Ilustración 54 – Imagen pantalla principal del HMI.	58
Ilustración 55 – Foto robot ABB IRB 6700 con pinza de soldadura ARO 3G.	59
Ilustración 56 – Imagen 3D de estudio de alcances de los robots en la flexicélula.	60
Ilustración 57 – Imagen software RobotStudio ABB	60
Ilustración 58 – Imagen croquis pinza de soldadura ARO 3G.	61
Ilustración 59 – Foto pinza de soldadura ARO 3G.	61
Ilustración 60 – Foto control de soldadura Bosch Rexroth MF-System PSI 6000.	62
Ilustración 61 – Imagen onda senoidal 50 Hz -> 20 ms.	62
Ilustración 62 – Imagen software BOS 6000 de los controles de soldadura.	63
Ilustración 63 – Foto control de marcado y una cabeza de marcaje	64
Ilustración 64 – Imagen croquis de las interconexiones del control marcadora	64
Ilustración 65 – Tabla distribución de las cabezas de marcado en utillajes	65
Ilustración 66 – Imagen croquis de la implantación eléctrica del conmutador de cabezas de marcado. ...	66
Ilustración 67 – Tabla descripción de pre-series contratadas con el cliente	67
Ilustración 68 – Foto tráiler para transportar la instalación hasta el cliente.	68
Ilustración 69 – Imagen croquis carretilla elevadora contrapesada cargando un robot.	68
Ilustración 70 – Foto instalación desde el interior funcionando en cliente.	69
Ilustración 71 – Imagen plantilla para diseño e impresión de placa certificado CE.	70
Ilustración 72 – Tabla planificación ofertada en Microsoft Project.	72
Ilustración 73 – Gráfica planificación ofertada.	72
Ilustración 74 – Tabla planificación proyecto en Microsoft Project.	73
Ilustración 75 – Gráfica planificación oferta y proyecto.	73
Ilustración 76 – Tabla planificación real en Microsoft Project.	74
Ilustración 77 – Gráfica planificación ofertada, proyecto y real.	74
Ilustración 78 – Gráfica curva de costes respecto del tiempo de un proyecto ideal.	76
Ilustración 79 – Gráfica costes ofertados.	77
Ilustración 80 – Gráfica comparación de costes, ofertado, planificado.	78
Ilustración 81 – Gráfica comparación de costes, ofertado, planificado, real.	79
Ilustración 82 – Gráfica comparación de ingresos frente a gastos, lo que implica financiación.	81
Ilustración 83 – Foto instalación fabricando pre-series en el montaje en Boscotecno.	83
Ilustración 84 – Imagen croquis eje cero vehículo.	85
Ilustración 85 – Imagen 3D de una pieza referenciada desde el cero vehículo.	85
Ilustración 86 – Imagen listado de documentos anexos a este proyecto	88

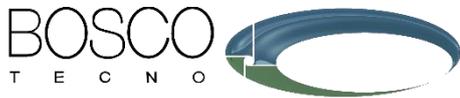


Agradecimientos

En este apartado se quiere agradecer a la empresa **BOSCO TECNO** por toda su colaboración y transparencia para la realización de dicho trabajo con un proyecto real suyo.

Especialmente a **Santiago Pita** por todas sus facilidades a la hora de facilitar datos y por su consentimiento para la publicación de este documento.

Por otro lado, también se quiere agradecer al cliente **GESTAMP** que no ha puesto ningún problema para la realización de este documento.



1. Introducción y objetivos

Basándonos en las palabras claves del título de nuestro trabajo final de master explicaremos porque lo hemos elegido. La fabricación de **automóviles** representa un 10 % del producto interior bruto en España por lo que es un sector económicamente estratégico. Además, está totalmente automatizado y de las cuatro fases que tiene la fabricación del automóvil, prensado, soldadura, pintura y montaje, la soldadura tiene un gran peso e importancia. Por lo tanto, cualquier mejora u optimización de los procesos es muy representativo para la industria.

La **soldadura** es un proceso de producción que además de en automoción se usa en otras muchas industrias como aeronáutica, construcción, alimentación, luego es interesante tener ciertos conocimientos y fundamentos básicos de esta tecnología.

En la industria española hay 160 robots por cada 10.000 trabajadores y su utilización contribuye al bienestar humano, eliminando la necesidad de que las personas realicen trabajos pesados y peligrosos, por lo tanto, en el presente y más en el futuro será muy importante tener ciertos conocimientos de **robótica**.

Las **flexicélulas** son instalaciones estándar que tienen grandes ventajas para la fabricación de componentes del automóvil, conocerlas puede abrirnos las puertas del mundo laboral relacionado con la automoción.

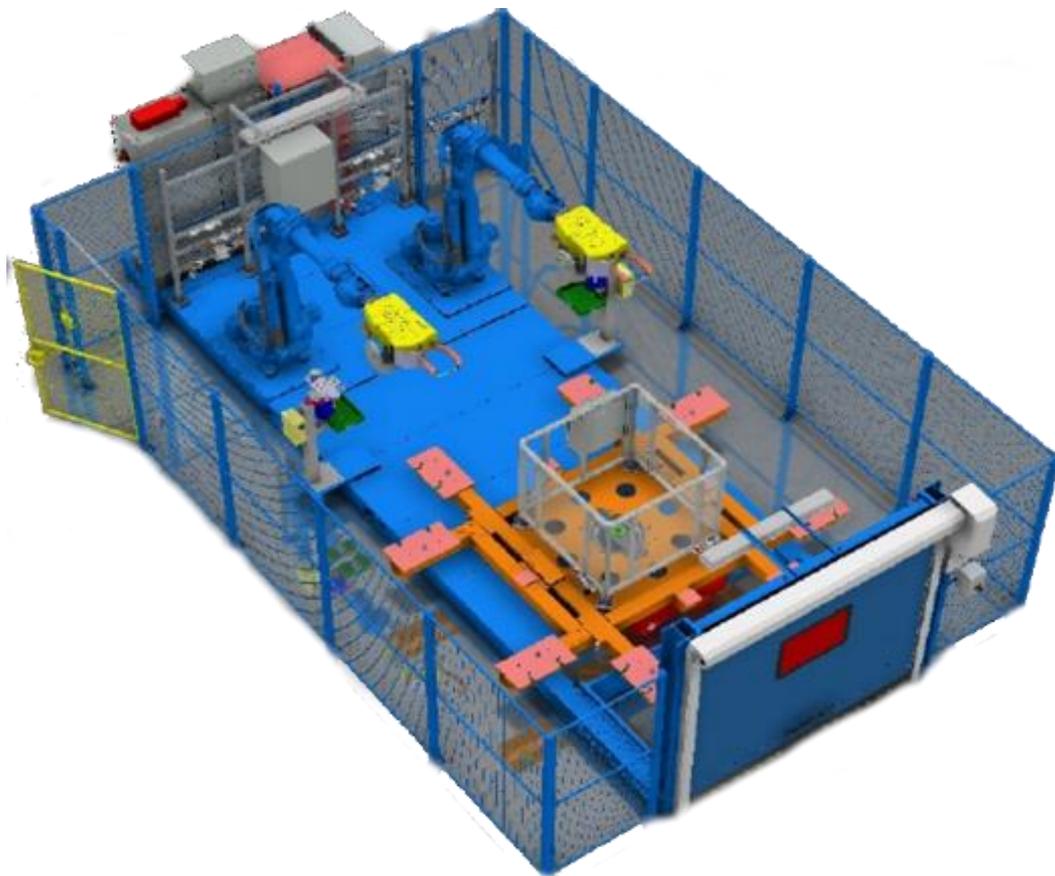


Ilustración 1 – Imagen 3D de la flexicélula.



Los **objetivos** que queremos conseguir con este proyecto son principalmente dos:

- La dirección de un proyecto desde el punto de vista del jefe de proyecto para su aprendizaje en la gestión de proyectos de instalación robotizadas de soldadura para automoción o cualquier otro tipo de proyecto que más o menos tienen las mismas fases y formas de acometerlas.
- El desarrollo técnico de cada oficio que interviene en un proyecto de una instalación de soldadura robotizada para la automoción que son: diseño mecánico, diseño eléctrico, diseño neumático, automatización y robótica.

La **estructura** que se seguirá en este documento será lo más fielmente a las fases cronológicamente que suceden en el proyecto que son:

- La demanda de un cliente con sus necesidades para elaborar un producto.
- El estudio de una solución por parte de los proveedores y realización de una oferta para satisfacer al cliente en precio, plazo y calidad.
- La asignación del proyecto con un pedido formal.
- La elaboración técnicamente del proyecto alcanzando los hitos en plazo y con rentabilidad económica.
- Conclusiones desde el punto de vista de los plazos y de costes.
- Y por último unas conclusiones de cómo alcanzar el éxito en los proyectos.

Todas las ilustraciones de este trabajo son de elaboración propia, las que no sean propias se indicara en la descripción su fuente original referenciada a la Bibliografía.



2. Necesidades del cliente

El cliente redactará un cuaderno de cargas con sus necesidades, describiendo el producto que quiere fabricar, las cantidades necesarias semanales y el tiempo de ciclo que requiere para fabricar cada una de ellas y solicitará a sus proveedores de confianza una solución industrial para su resolución.

Si estas en la cartera de proveedores de confianza para este proyecto el cliente te hará llegar el cuaderno de cargas con la descripción de sus necesidades para puedas ofertar tu mejor propuesta para resolverlo.

El cuaderno de cargas ira acompañado de otra documentación anexa que el cliente crea conveniente para que los proveedores tengan toda la información necesaria que puedan realizar sus mejores ofertas. En este caso concreto fueron los siguientes documentos:

- Listado de material comercial permitido – este documento lo entregan con el fin de estandarizar sus comerciales y que no ofertes en base a otros productos del mercado que serían nuevos para ellos y descompenses sus repuestos de cara a mantenimiento.
- Especificaciones técnicas mecánicas
- Especificaciones técnicas eléctricas
- Especificaciones técnicas neumáticas
- Especificaciones técnicas refrigeración
- Especificaciones técnicas programación
- Especificaciones técnicas robóticas
- Especificaciones técnicas de pinzas y controles de soldadura

Todo este listado de especificaciones técnicas se entregará con el fin de estandarizar sus instalaciones, para simplificar la formación del personal mantenimiento y producción y reducir el almacén de repuestos.

2.1- Producto

El cliente define cuales son los productos que debe fabricar la instalación. En esta primera tabla nos indica las acciones que se deben hacer para la unión de los componentes, en este caso son todo puntos de soldadura, y la cantidad de piezas que necesita a la semana. También nos indica en dos de ellas que son piezas visibles en el producto final (el coche) por lo tanto tendremos que tener mayores cuidados en ellas.

CAD	DESIGNACION	PUNTOS DE SOLDADURA	VOLUMEN	OBSERVACIONES
	Gouttiere entreée volet ARR Ass R	5	1.292 vehiculos semanales	Es una pieza de aspecto, visible para el cliente
	Gouttiere entreée volet ARR Ass G	5	1.292 vehiculos semanales	Es una pieza de aspecto, visible para el cliente
	Traverse AV Pavillon TOP Ass	15	2.370 vehiculos semanales	
	Traverse AV Pavillon NA Ass	15	280 vehiculos semanales	
	Arceau Central Pavillon Ass	12	7.136 vehiculos semanales	

Ilustración 2 – Tabla descripción de los productos.

Estos datos son importantes para que podamos comprobar que garantizamos los tiempos de ciclo que el cliente solicita y que podemos satisfacer así la producción que el cliente necesita semanalmente.

En esta según tabla nos indica el listado de componentes que tiene el producto y de que material son además de su espesor. Con estos datos podemos hacernos a la idea de los parámetros de soldadura necesarios, el tiempo que el operario necesitara para la carga de los componentes en la instalación y el número de apoyos, pilotos y bridas necesarios para geometrizar el producto, con todo esto calcularemos el coste de los utilajes.

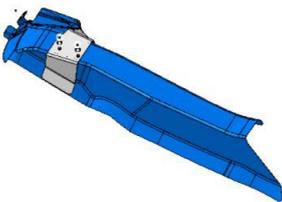
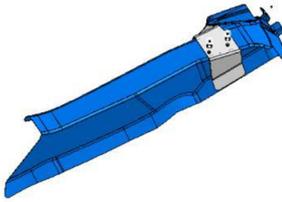
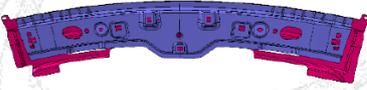
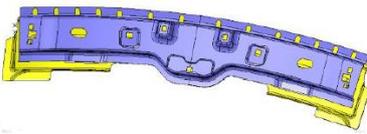
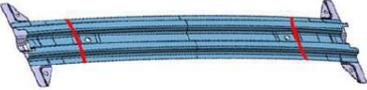
PIEZA	COMPONENTES	CANTIDAD	MATERIAL + REVESTIMIENTO	ESPESOR CHAPA
	P002703505	1	ES + G10/10	0,65 mm
	P002923468	1	E275D + NU	1,45 mm
	9813801380	2	NA	NA
	P003219560	1	ES + G10/10	0,65 mm
	P002923468	1	E275D + NU	1,45 mm
	9813801380	2	NA	NA
	P002703293	1	C + NU	0,85 mm
	P003029182	1	E390D+NU	1,5 mm
	P002703293	1	C + NU	0,85 mm
	P003164818	1	E390D+NU	1,5 mm
	P003564844	1	C + NU	0,75 mm
	P003564845	2	E390D+NU	1,05 mm

Ilustración 3 – Tabla descripción de los productos v2.

Todas estas piezas pertenecen a la plataforma común de grupo PSA denominado Ass, esta plataforma es válida para la fabricación de varios vehículos de las marcas que compone el grupo PSA como son Peugeot, Citroën, Opel.

2.2- Taller

Es importante conocer las características del taller donde se va a montar la instalación, para saber cuáles serán nuestras acometidas, los servicios disponibles que tendremos y con qué prestaciones y cuáles serán nuestras limitaciones.

CONCEPTO	VALOR
Localidad	Ronchamp, Francia
Nave	Soldadura
Naturaleza del suelo (carga máxima)	NA
Superficie disponible	NA
Limitaciones logísticas	NA
Atmosfera	Normal (medio industrial)
Temperatura	De 10 °C a 45 °C
Humedad relativa	De 10 % a 95 %
Alimentación eléctrica	TNC 400 Vac 3~
Alimentación neumática	De 6 bares a 12 bares
Claridad taller	De 350 lux a 500 lux
Tipo iluminación	Artificial

Ilustración 4 – Tabla descripción de las características del taller.

En este caso el cliente no considera que tengamos ninguna limitación de espacio, también es así porque una flexicélula de dos robots siempre tiene un tamaño similar. Lo más importante es decidir junto con el cliente la localización de armarios eléctricos y armarios de control de los robots para accesibilidad de su mantenimiento y no entorpecer la logística de la nave.

La localización de la fábrica es importante para calcular los costes de transporte y desplazamiento de los recursos humanos de la empresa a la hora del montaje en cliente.

2.3- Capacidad y eficiencia

El cliente nos indica los tiempos de ciclo que la instalación debe cumplir para cada tipo de producto. El tiempo de proceso tiene en cuenta al operario por lo que se deberá diseñar con ergonomía y distancias cortas recorridas por el operario

PRODUCTO	TIEMPO CICLO MAQUINA	TIEMPO CICLO PROCESO
Gouttiere entrée volet ARR Ass R+G	27 segundos	37 segundos
Traverse AV Pavillon TOP Ass	27 segundos	37 segundos
Traverse AV Pavillon NA Ass	24 segundos	34 segundos
Arceau Central Pavillon Ass	44 segundos	58 segundos
Eficiencia 95% - Cmk 1,67		

Ilustración 5 – Tabla descripción de tiempos de ciclo requeridos por el cliente para cada producto.

También indica la disponibilidad de máquina, es decir, lo fiable que es la instalación. Requiere una eficiencia técnica máquina del 95% y una capacidad de máquina Cmk 1,67

Este puede ser uno de los datos más importantes para dimensionar el utillaje y para la realización de trayectorias de los robots, así como el reparto de puntos de soldadura de cada uno de los robots. Se deben hacer cálculos y simulaciones desde la fase de estudios para asegurarnos que estos tiempos no serán un problema en la futura validación final de la instalación.

Como en todos los apartados la experiencia y trabajos similares previos son muy importantes para calcular los tiempos de ciclo que tendrá nuestra instalación desde la fase de estudios.

2.4- Plazo

El cliente nos indica los plazos del proyecto, desde la oferta hasta la entrega en cliente, pasando por las primeras piezas buenas realizadas por la instalación.

HITO	FECHA
Revisión de ofertas	Semana 8 de 2019
Adjudicación	Semana 10 de 2019
Aceptación en proveedor	Semana 48 de 2019
Validación en cliente	Semana 14 de 2020

Ilustración 6 – Tabla plazos para cada hito del proyecto

También nos indica el plazo de las pre-series o lotes que debemos fabricar antes de la entrega de la instalación, en cada lote debemos entregar la cantidad de piezas indicada de todas las diversidades que fabrica la instalación. Y nos indican la conformidad de la geometría según el lote, esta validación se hará sobre 4 piezas del lote, esto significa que al menos ese porcentaje de piezas del lote deben estar en geometría y soldadas correctamente según las especificaciones del cliente.

HITO	CANTIDAD	FECHA	CONFORMIDAD
Lote A	20	Semana 27 de 2019	50%
Lote 1.1	150	Semana 29 de 2019	65%
Lote 1.2	150	Semana 36 de 2019	70%
Lote 2.1	300	Semana 42 de 2019	95%
Lote 2.2	300	Semana 48 de 2019	100%
Fabricación final en cliente	xxx	Semana 14 de 2020	100%

Ilustración 7 – Tabla descripción fabricación de Pre-series requeridas por el cliente

Estos datos son importantes para dimensionar los recursos necesarios para el proyecto. Si tiene un plazo muy corto, quizás haya que poner más diseñadores, mecánicos, eléctricos, automatistas y robóticos trabajando juntos, lo que puede generarnos un mayor coste o una imposibilidad de realización por falta de personal o tener que acudir a subcontrataciones.

2.5- Proceso

El cliente por su experiencia nos propone un proceso para la fabricación de los productos, pero eso no nos impide poder aportar nuestra experiencia y mejorar el proceso que el cliente propone.

Una instalación con 2 robots de soldadura y una mesa de 4 posiciones y una cortina enrollable Albany para la segura carga de piezas del operario.

- Utillaje Gouttiere Entrée Volet AR Ass G+R
- Utillaje Traverse AV Pavillon TOP Ass
- Utillaje Traverse AV Pavillon NA Ass
- Utillaje Arceau Central Pavillon Ass

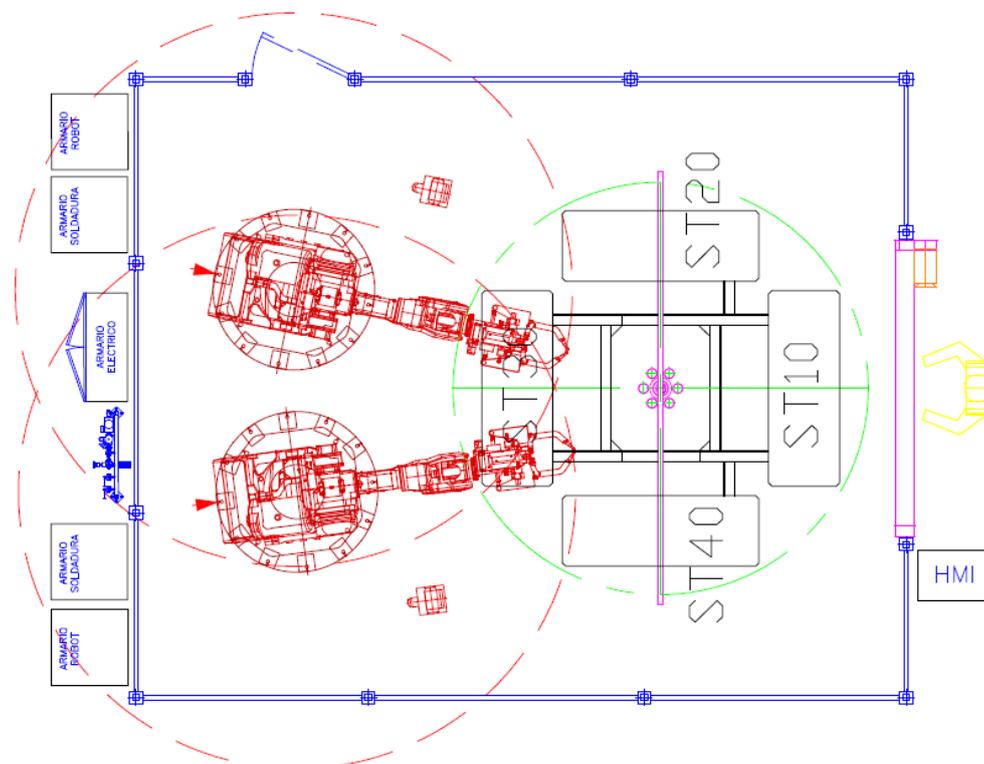


Ilustración 8 – Imagen diseño instalación para estudio del proceso.

Si somos capaces por nuestra experiencia de aportar algo al proceso que nos haga más competitivos respecto al resto de integradores, tendremos esa ventaja competitiva a la hora de llevarnos el proyecto.

En este caso eso no es posible, porque el cliente propone una flexicélula que son sus instalaciones estándar, de esta forma él tiene la fabricación de todos sus productos estandarizada con las ventajas que eso supone, siendo muy versátil a la hora de cambios de lotes o averías en las instalaciones.

En este proyecto es muy difícil modificar el proceso que el cliente nos propone, ya que él tiene más experiencia en la fabricación de estos productos y además tiene una instalación estándar que son las flexicélulas para fabricarlos, así que es muy probable que en este apartado todos los integradores estemos en igualdad de condiciones a la hora de ofertar.

En este proceso el cliente también detalla todos los elementos que deben componer la instalación, de esta forma todos los integradores ofertan los mismos elementos, y el cliente se evita realineamientos por confusiones y garantiza la homogeneidad de marcas y modelos de los elementos de todas sus instalaciones.

- Instalación Gesspot
- 2 Robots de soldadura ABB con pinza ARO 3G, paquete energético Leoni y fresadoras AMDP
- Mesa Goizper
- Puerta enrollable Albany y cierres de puertas Euchner
- Barreras inmateriales de seguridad Sick
- Control Bosch MF + Adaptativo
- Cuatro utillajes, uno por producto
- Marcadora SIC Marking en cada utillaje

2.6- Especificaciones técnicas

El cliente hace una serie de especificaciones técnicas para que tengamos en cuenta a la hora de ofertar:

- Los robots de marca ABB serán entregados por Gestamp
- Toda la documentación necesaria deberá entregarse en castellano y francés
- Todos los utillajes deben tener sistemas POKA-YOKE para evitar errores de carga de producto, con presencia/ausencia de componentes y piezas incorrectas.
- En la primera fase del proyecto se deberá entregar un ciclo de proceso para su validación
- Entrega de los valores de soldadura de partida
- Incluir una semana de formación y una semana de asistencia al arranque en cliente
- La programación PLC deberá seguir el estándar SICAR y cumplir los modos de funcionamiento que marca el estándar
- El HMI debe estar en inglés y francés
- Todos los utillajes deben ser intercambiables
- Los robots deben tener sus trayectorias respecto el cero vehículo
- Todos los elementos del útil deben ser regulables en las tres direcciones XYZ.
- La instalación debe ser validada en cuestión de seguridad por una empresa externa
- La instalación debe entregarse con certificado CE



Todas estas especificaciones son importantes a la hora de calcular el alcance económico y de plazo del proyecto en la oferta, como ejemplo no es lo mismo una programación de PLC libre que una programación de PLC condicionada a un estándar, depende de si ese estándar de programación se conoce o no, eso nos devolverá cual es el coste de esa programación.

2.7- Condiciones de pago

En el propio cuaderno de carga existe un apartado en el que el cliente detalla cómo serán las condiciones de pago.

En este caso serán de un 80% a la entrega de los medios en casa del cliente y el 20% restante tras la validación final cuando se subsanen todas las remarcas y se entregue toda la documentación necesaria.

Estas condiciones de pago son muy importantes para calcular el costo del proyecto, ya que no es lo mismo que el cliente haga un primer pago al pedido para financiar la compra de material y primeros estudios, que como en este caso todo el proyecto debe ser financiado con dinero del proveedor y esto conlleva un gasto financiero.

También puede ser un dato excluyente, si el costo del proyecto hasta el primer cobro es tan grande que la empresa no puede conseguir dicha financiación, esto no te permitiría oferta y quedarías fuera del proyecto.



3. Oferta del proveedor

En nuestra oferta tenemos que tener en cuenta todos los puntos del cuaderno de cargas recibido por el cliente, así como todo el listado de documentos anexos a él.

Nosotros basándonos en nuestra experiencia tenemos que ser capaces de satisfacer todas las necesidades que el cliente tiene para la fabricación de este producto, incluso mejorarlas en la medida de lo posible para ser más competitivos respecto a otros proveedores.

El objetivo final de la oferta es conocer el coste que tendría para nuestra empresa la realización de este proyecto, por lo tanto, todo el estudio para satisfacer las necesidades del cliente estará orientadas económicamente.

Las principales características que nos harán más competitivos en nuestra oferta:

- Experiencia en proyectos anteriores de flexicélulas similares
- Experiencia en la tecnología, marca de plc, robots y controles de soldadura
- Experiencia en el estándar del cliente, tanto mecánico, eléctrico como de programación
- Experiencia en el taller donde se implantará
- Experiencia con el jefe de proyecto por parte del cliente.

Todas estas experiencias previas nos harán reducir costes e incertidumbres en nuestra oferta, lo que nos permitirá tener un precio final mucho más ajustado y competitivo frente a otros proveedores consultados.

Para conseguir el pedido casi siempre es necesario realizar alineamientos respecto de la oferta inicial, tanto a nivel técnico como a nivel económico, concretamente la oferta de este proyecto necesito 13 revisiones de oferta, hasta conseguir la total satisfacción por parte del cliente y conseguir el pedido que te adjudica el proyecto.

3.1-Estudio de tiempos

Una de las primeras cosas que hay que hacer en la oferta es analizar si cumplimos con los tiempos de ciclo con el proceso elegido, sino tendríamos que cambiar el proceso para conseguir satisfacer los tiempos de ciclo que el cliente necesita.

PRODUCTO	PUNTOS SOLDADURA	TIEMPO CICLO PROCESO
Gouttiere Entrée Volet AR Ass G+R	5 (G)+5 (R)	37 segundos
Traverse AV Pavillon TOP Ass	15	37 segundos
Traverse AV Pavillon NA Ass	15	34 segundos
Arceau Central Pavillon Ass	12 + 12	58 segundos

Ilustración 9 – Tabla descripción de productos con puntos de soldadura y tiempos requeridos.

Para poder cumplir con la fabricación semanal de todas las piezas que requieren, por su geometría y el número de puntos a soldar en cada pieza decidimos distribuir las piezas en los utillajes de la siguiente manera:

- Utillaje ST1 y ST2: Arceau Central con dos huellas – En cada fabricación salen 2 productos finales.
- Utillaje ST3 y ST4: Gouttiere G, Gouttiere R y Traverse TOP o NA – En cada fabricación salen 3 productos finales.

Por lo tanto, vamos a hacer un resumen de lo que quieren fabricar con sus tiempos demandados por la producción que quieren a la semana:

PRODUCTO	NUMERO DE PIEZAS	TIEMPO CICLO PROCESO	TIEMPO TOTAL SEMANAL
Gouttiere G+R	2584 piezas/semana	37 segundos	93.024 segundos
Traverse TOP	2370 piezas/semana	37 segundos	87.690 segundos
Traverse NA	280 piezas/semana	34 segundos	9.520 segundos
Arceau Central	7136 piezas/semana	58 segundos	413.888 segundos

Ilustración 10 – Tabla cálculo de tiempo necesario para fabricación de cada producto.

El trabajo en este taller es de 15 turnos a la semana por 460 minutos por turno (8 horas menos 20 minutos de descanso), en total 414.000 segundos de trabajo semanales.

Mediante nuestra experiencia y también con los softwares de simulación robótica “robcad” y “process simulate” obtenemos los tiempos de cada acción y así podemos determinar si nuestro diseño de instalación propuesto es válido para satisfacer el tiempo de ciclo que el cliente nos solicita.

El desglose de nuestro estudio de tiempos de ciclo para cada utillaje es el siguiente:

ST1 y ST2 (Arceau Central) – Tiempo de ciclo proceso 58 segundos

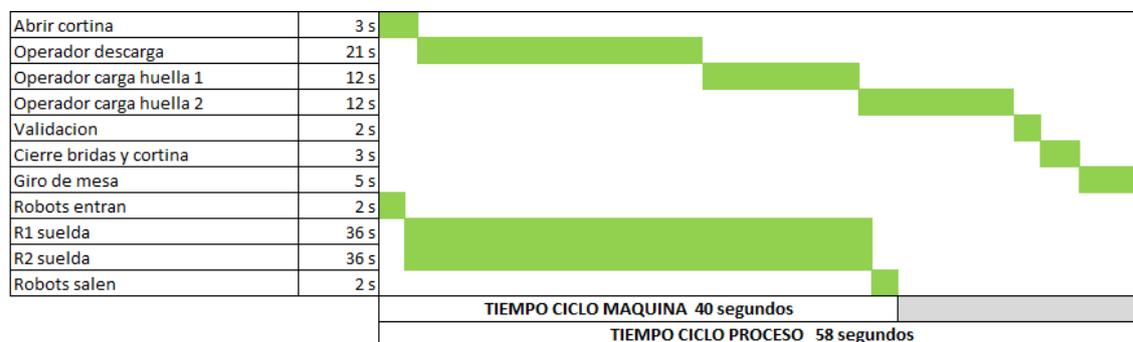


Ilustración 11 – Tabla cálculo tiempos de ciclo de utillajes ST1 y ST2.

ST3 y ST4 (Gouttieres + Traverses) – Tiempo de ciclo proceso 70 segundos

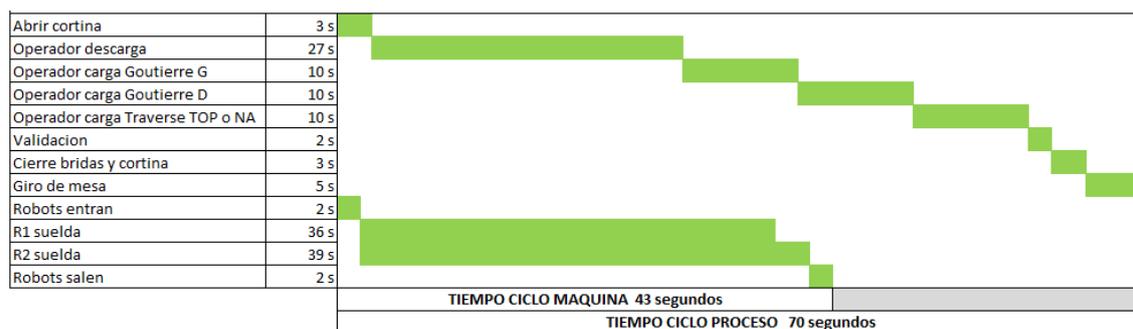


Ilustración 12 – Tabla cálculo tiempos de ciclo de utillajes ST3 y ST4.

Con nuestro diseño de utillajes y los tiempos de ciclo calculados somos capaces de fabricar:

PRODUCTO	NUMERO DE PIEZAS	TIEMPO CICLO PROCESO	TIEMPO TOTAL SEMANAL
Gouttiere G+R	2584 piezas/semana Realmente fabricaremos 2650 piezas/semana	70 segundos	$(2370 + 280) * 70 =$ 185.500 segundos
Traverse TOP	2370 piezas/semana	70 segundos	
Traverse NA	280 piezas/semana	70 segundos	
Arceau Útil con 2 huellas	7136 piezas/semana	58 segundos	$7136 + 58 =$ 413.888 / 2 huellas 206.944 segundos
FABRICACION TOTAL REQUERIDA POR EL CLIENTE			$185.500 + 206.944 =$ 392.444 segundos

Ilustración 13 – Tabla cálculo de tiempo requerido para fabricación de cada producto.

Con este estudio vemos que somos capaces de realizar la fabricación requerida por el cliente con un $392.444/414.00 = 94,8$ % de disponibilidad de la instalación. Luego tenemos un margen disponible para posibles eventos no planificados.

Por lo tanto podemos continuar con nuestra oferta basandonos en este repartor de piezas sobre los utillajes ya que hemos calculado que seremos capaces de satisfacer la fabricación semanal de piezas requerida por el cliente.

3.2- Estudio de la planificación

Lo que tenemos que analizar en este primer estudio de la planificación es si es realizable el proyecto por los recursos que tenemos en la empresa en el plazo que el cliente solicita. Para ello tenemos que tener una visión de la ocupación de los recursos en un futuro cercano.

Para saber cuántos y de qué tipo son los recursos que necesitamos tenemos que dividir el trabajo por tareas, según nuestra experiencia nos conviene considerar estas tareas principales:

TAREA	DURACION	PERIODO	RECURSO NECESARIO
GESTION DEL PROYECTO	5 horas/semana	De inicio a final	Jefe de proyecto
ESTUDIOS MECANICOS	40 días	Mes 1 y 2	Diseñador Mecánico
ESTUDIOS ELECTRICOS	10 días	Mes 2	Diseñador Eléctrico
ESTUDIOS NEUMATICOS	10 días	Mes 2	Diseñador Neumático
ESTUDIOS AUTOMATISMOS	20 días	Mes 2	Automatista
ESTUDIOS ROBOTICA	10 días	Mes 2	Robótico
COMPRAS	10 días	Mes 2	Jefe de proyecto
FABRICACION	30 días	Mes 2 y 3	Operario de mecanizado
MONTAJE UTILES	20 días	Mes 3	Mecánicos
FABRICACION ELECTRICA	20 días	Mes 3	Eléctricos
FABRICACION NEUMATICA	10 días	Mes 3	Neumáticos
MONTAJE EN BLANCO	30 días	Mes 4	Mecánicos Eléctricos Neumáticos Automatista Robótico
PUESTA EN MARCHA	20 días	Mes 4	Mecánico Automatista
DESMONTAJE	5 días	Mes 4	Mecánicos Eléctricos Neumáticos
MONTAJE EN CLIENTE	10 días	Mes 5	Mecánico Automatista

Ilustración 14 – Tabla descripción de las tareas planificadas con duración, periodo y recursos.

Con estos datos sobre el posible futuro proyecto y los datos internos de la empresa consideramos si nos interesa ofertar barato porque tenemos falta de trabajo, ofertar caro porque sería un esfuerzo considerable para los recursos de la empresa o habría que hacerlo con recursos externos o no ofertar si vemos que no tenemos la capacidad suficiente para acometer el trabajo.

3.3.- Estudio económico

Para calcular el coste económico del proyecto partimos de los siguientes datos que nos impone nuestra empresa según sus cálculos de coste de cada recurso según la profesión que desempeña, estos son los precios aproximados en nuestra empresa:

COMPETENCIAS	COSTE/HORA INTERNO	COSTE/HORA EN CLIENTE
Diseñador Mecánico 2D	30,00 €	50,00 €
Diseñador Mecánico 3D	36,00 €	55,00 €
Montador Mecánico	32,00 €	50,00 €
Ajustador Mecánico	35,00 €	52,00 €
Diseñador Eléctrico	35,00 €	52,00 €
Montador Eléctrico	30,00 €	48,00 €
Diseñador Neumático	35,00 €	52,00 €
Montador Neumático	30,00 €	48,00 €
Maquina Mecanizado + Operario	35,00 €	52,00 €
Tratamiento de Piezas	35,00 €	52,00 €
Programador Robótico	44,00 €	62,00 €
Programador de Automatismos	40,00 €	58,00 €
Diseñador de Simulación	48,00 €	65,00 €
Jefe de Proyecto	48,00 €	65,00 €
Medición 3D de útiles	70,00 €	85,00 €

Ilustración 15 – Tabla descripción del coste hora de cada competencia

En muchas ocasiones una misma persona es capaz de ejecutar el trabajo de dos roles, pero a la hora de hacer el estudio económico desglosamos todas las profesiones necesarias. Algunos ejemplos son:

- Montador eléctrico también es montador neumático.
- Diseñador eléctrico también es diseñador neumático.
- Montador mecánico hace de ajustador mecánico sobre todo en el montaje en cliente para ahorrar desplazamientos de más recursos hasta las instalaciones del cliente.
- Programador de Automatismos hace de Programador Robótico, sobre todo para pequeñas modificaciones.

En estos precios hora que la empresa nos impone ya está añadido un 10 % de beneficio que es el margen que la empresa quiere ganar por cada recurso en este tipo de obras, por lo tanto, sabemos que tenemos esta margen a la hora de negociar la oferta y podemos hacer descuentos comerciales.

Para realizar el cálculo del coste del proyecto lo desglosaremos en 3 partes:

- Dos utillajes para la fabricación de las piezas Gouttiere y Traverses.
- Dos utillajes para la fabricación de la pieza Arceau Central.
- La instalación completa.

UTILLAJE ST1 y ST2 Arceau Central				
DISEÑO	Diseñador Mecánico 2D	50 h	30,00 €	1.500,00 €
	Diseñador Mecánico 3D	52 h	36,00 €	1.872,00 €
	Diseñador Eléctrico	36 h	35,00 €	1.260,00 €
	Diseñador Neumático	24 h	35,00 €	840,00 €
	Diseñador de Simulación	32 h	48,00 €	1.536,00 €
COMPRAS	Compras Materiales Nobles	1 ud	10.500,00 €	10.500,00 €
FABRICACION	Compras Material para Mecanizar	1 ud	2.700,00 €	2.700,00 €
	Maquina Mecanizado + Operario	70 h	35,00 €	2.450,00 €
	Tratamiento de Piezas	30 h	35,00 €	1.050,00 €
	Medición 3D de útiles	16 h	70,00 €	1.120,00 €
MONTAJE	Montador Mecánico	42 h	32,00 €	1.344,00 €
	Montador Eléctrico	72 h	30,00 €	2.160,00 €
	Montador Neumático	36 h	30,00 €	1.080,00 €
				29.412,00 €

Ilustración 16 – Tabla cálculo costes utillaje ST1 y ST2.

UTILLAJE ST3 y ST4 Gouttieres + Traverses				
DISEÑO	Diseñador Mecánico 2D	48 h	30,00 €	1.440,00 €
	Diseñador Mecánico 3D	50 h	36,00 €	1.800,00 €
	Diseñador Eléctrico	34 h	35,00 €	1.190,00 €
	Diseñador Neumático	24 h	35,00 €	840,00 €
	Diseñador de Simulación	32 h	48,00 €	1.536,00 €
COMPRAS	Compras Materiales Nobles	1 ud	10.000,00 €	10.000,00 €
FABRICACION	Compras Material para Mecanizar	1 ud	2.500,00 €	2.500,00 €
	Maquina Mecanizado + Operario	80 h	35,00 €	2.800,00 €
	Tratamiento de Piezas	32 h	35,00 €	1.120,00 €
	Medición 3D de útiles	16 h	70,00 €	1.120,00 €
MONTAJE	Montador Mecánico	80 h	32,00 €	2.560,00 €
	Montador Eléctrico	80 h	30,00 €	2.400,00 €
	Montador Neumático	40 h	30,00 €	1.200,00 €
				30.506,00 €

Ilustración 17 – Tabla cálculo costes utillaje ST3 y ST4.

INSTALACION				
GESTION	Jefe de Proyecto	180 h	48,00 €	8.640,00 €
DISEÑO Y DOCUMENTACION	Diseñador Mecánico 3D	48 h	36,00 €	1.728,00 €
	Diseñador de Simulación	36 h	48,00 €	1.728,00 €
	Diseñador Mecánico 2D	24 h	30,00 €	720,00 €
	Diseñador Eléctrico	40 h	35,00 €	1.400,00 €
	Diseñador Neumático	24 h	35,00 €	840,00 €
	Programador de Automatismos	140 h	58,00 €	8.120,00 €
PROGRAMACION	Programador Robótico	130 h	44,00 €	5.720,00 €
	Programador de Automatismos	150 h	40,00 €	6.000,00 €
MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA EN BOSCOTECNO	Montador Mecánico	200 h	32,00 €	6.400,00 €
	Montador Eléctrico	240 h	30,00 €	7.200,00 €
	Montador Neumático	120 h	30,00 €	3.600,00 €
	Programador de Automatismos	100 h	40,00 €	4.000,00 €
	Ajustador Mecánico	60 h	35,00 €	2.100,00 €
DESMONTAJE EN BOSCOTECNO	Montador Mecánico	60 h	32,00 €	1.920,00 €
	Montador Eléctrico	30 h	30,00 €	900,00 €
	Montador Neumático	10 h	30,00 €	300,00 €
MONTAJE EN GESTAMP FORMACION ASISTENCIA	Montador Mecánico	96 h	50,00 €	4.800,00 €
	Montador Eléctrico	90 h	48,00 €	4.320,00 €
	Montador Neumático	60 h	48,00 €	2.880,00 €
	Programador de Automatismos	130 h	58,00 €	7.540,00 €
	Ajustador Mecánico	16 h	52,00 €	832,00 €
LOGISTICA	Transporte y Aduanas	1 ud	5.296,00 €	5.296,00 €
PRE-SERIES	Transportes	1 ud	3.600,00 €	3.600,00 €
	Montador Mecánico	200 h	32,00 €	6.400,00 €
	Programador de Automatismos	200 h	58,00 €	11.600,00 €
COMPRAS	Robots Suministrados por Gestamp	2 uds	- €	- €
	Pinzas de soldadura	2 uds	11.473,90 €	22.947,80 €
	Controles de soldadura	2 uds	7.339,00 €	14.678,00 €
	Cambiador automático de caps	2 uds	4.564,50 €	9.129,00 €
	Fresadoras de caps	2 uds	2.058,50 €	4.117,00 €
	Mesa de giro servo controlada	1 ud	10.650,50 €	10.650,50 €
	Vallados	30 uds	214,80 €	6.444,00 €
	Puerta de acceso	1 ud	700,00 €	700,00 €
	Puerta enrollable Albany	1 ud	12.172,00 €	12.172,00 €
	Armario eléctrico (completo)	1 ud	18.764,00 €	18.764,00 €
	Material neumático	1 ud	12.598,02 €	12.598,02 €
	Marcadoras	8 uds	7.070,50 €	56.564,00 €
	Plataformas y peanas robots	1 ud	10.561,00 €	10.561,00 €
				287.909,32 €

Ilustración 18 – Tabla cálculo costes instalación.

Sumando los totales de los tres desgloses

SUMATORIO DE DESGLOSES	
UTILLAJE ST1 y ST2 Arceau Central	29.412,00 €
UTILLAJE ST3 y ST4 Gouttieres + Traverses	30.506,00 €
INSTALACION	287.909,32 €
	347.827,32 €

Ilustración 19 – Tabla cálculo costes totales.

Este precio calculado será el que presentaremos en nuestra oferta al cliente para acometer el proyecto.

Como hemos realizado un desglose de todas las acciones a realizar en el proyecto por departamentos podemos ahora obtener un gráfico de que peso tendrá este trabajo en cada departamento de la empresa.



Ilustración 20 – Gráfico balance del proyecto entre oficios.

Con este grafico podemos hacernos una idea de que partes de nuestra empresa tienen más peso en este proyecto. De esta forma también podemos ver si un proyecto está compensado en todos los oficios a los que nuestra empresa se dedica o por el contrario nos descuadra nuestra estrategia empresarial y tendríamos que compensarlo con otros proyectos.

Otro de los resúmenes que podemos hacer es ver el balance entre los recursos y las compras de material. Un alto porcentaje en compras de material indica que son proyectos con mucho volumen pero que realmente dan poco trabajo a la empresa. Nos interesan proyectos que tengan unas ratios 70-30 para cualquiera de los dos lados, ya que la compra de materiales también nos deja un porcentaje de beneficio.

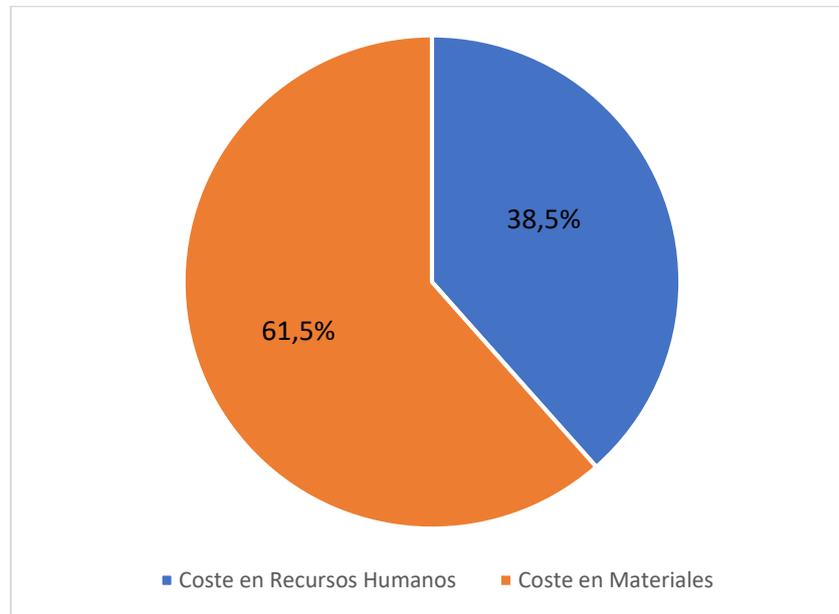


Ilustración 21 – Gráfico balance del proyecto entre recursos humanos y material.

Toda esta información económica será nuestra base cuando tengamos que re planificar los costes cuando lancemos el proyecto, por lo tanto, es un trabajo que nos valdrá para el futuro si realmente conseguimos el proyecto y sin embargo será tiempo perdido si no conseguimos el proyecto.

3.4.- Estudio condiciones de pago

Tenemos que realizar un estudio de las condiciones de pago que en este caso como señala el cliente, 80 % a la entrega y 20 % a la validación final no son nada beneficiosas.

Graficando el estudio económico y planificación que hemos visto anteriormente y los ingresos con estas condiciones de pago tendríamos una curva económica del proyecto del siguiente modo:

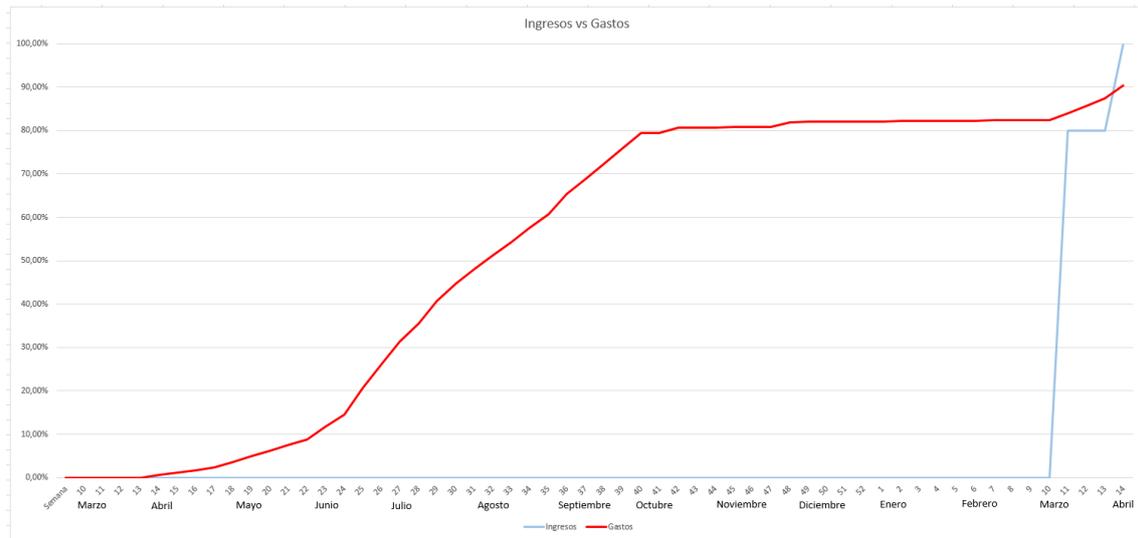


Ilustración 22 – Gráfica gastos frente a Ingresos teóricos.

Por lo tanto, nos damos cuenta que este proyecto tendremos que financiarlo completamente y durante casi un año con liquidez de la empresa o solicitando financiación bancaria. Este dato lo tendremos en cuenta a la hora de calcular los costes, ya que la financiación bancaria de unos 350.000 € durante casi un año tiene un coste importante.

Otro dato a tener en cuenta es que los pagos de las facturas de compras de material se pagan a 90 días, es lo que esta negociado con los habituales distribuidores con los que trabajamos, esto nos deja un pequeño margen de tiempo para necesitar menos financiación en el proyecto.



4. Lanzamiento del proyecto

Una vez que el cliente nos comunica que el proyecto nos lo adjudicará comenzamos a lanzar el proyecto dentro de la empresa. La forma en que nos comunican la adjudicación del proyecto puede ser verbal, telefónicamente o por email, pero siempre debe existir un documento que es el pedido formal por parte del cliente, es nuestra garantía de que el cliente nos compra la instalación y se compromete a los costes y formas de pago indicadas.

Lo primero será realizar una reunión inicial con las dos partes involucradas, cliente y proveedor, normalmente a estas reuniones asisten los jefes de proyectos y los técnicos más representativos de cada parte, para poner en común las directrices principales del proyecto, aunque realmente está todo especificado en el cuaderno de cargas de las necesidades del cliente y posteriormente en la oferta del proveedor. En esta reunión se realizará entrega de la documentación necesario para comenzar con el proyecto.

Posteriormente ajustaremos la planificación de la oferta al momento concreto que tenemos en la empresa, recursos disponibles y liquidez.

Iremos lanzando resoluciones al cliente y comenzaremos con las compras según vayamos recibiendo sus validaciones y aceptaciones de las partes de estudios.

4.1- Actas de reunión

En cada reunión que se haga sobre el proyecto debe constar un acta de reunión, en ella debe figurar la fecha, el lugar, los convocados, los presentes, las decisiones que se tomen en esa reunión y debe ir firmada por los presentes. De esta forma evitaremos mal entendidos o que después el cliente demande cosas diferentes a las pactadas en las reuniones o que el proveedor no cumpla con lo acordado.

Es una parte muy importante del proyecto porque hace que las dos partes trabajen en la misma dirección. Se deben tratar todos los temas que no han quedado perfectamente definidos entre el cuaderno de cargas del cliente y la oferta del proveedor y se deben sacar conclusiones rápidas para no penalizar el proyecto en plazos.

En estas reuniones también se pueden tratar desviaciones del proyecto o ampliaciones, todos estos temas tendrán una negociación independiente del proyecto.

Este documento se hace llegar a todos los asistentes y a los responsables del proyecto por ambas partes que se supone que habrán asistido a la reunión.

4.2- Pedido formal

Desde el departamento comercial se espera el pedido en firme del cliente para comunicar al resto de la empresa dicha adquisición y de esta forma comenzar los trabajos de estudios de los diferentes departamentos.

Sin pedido en firme del cliente nunca se debería de empezar a trabajar, aunque esto no siempre es así por confianza con el cliente y de este modo ganarle tiempo a la planificación.

Este pedido es un contrato oficial entre las dos partes, en el que el proveedor se compromete a entregar la instalación en las condiciones acordadas en la oferta y plazo y el cliente se compromete al precio acordado y las condiciones de pago.

4.3- Planificación interna

En el apartado de estudio de la planificación vimos una primera versión de la planificación, ahora entraremos en detalle de la planificación del proyecto teniendo en cuenta el momento exacto del pedido y los recursos que tenemos en interno en la empresa. Además, dividiremos más las tareas en varios niveles para tener más controlada la planificación.

En las necesidades del cliente nos decía que el pedido se lanzaría el marzo, pero finalmente se lanzó en abril, un retraso de 4 semanas que influye a las fechas de las tareas de la siguiente manera.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
LANZAMIENTO DE PROYECTO	6 días	lun 01/04/19	lun 08/04/19
ESTUDIOS	40 días	lun 08/04/19	vie 07/06/19
COMPRAS	53 días	mar 09/04/19	jue 27/06/19
FABRICACIÓN	31 días	jue 02/05/19	vie 14/06/19
MONTAJE ÚTILES	20 días	lun 03/06/19	vie 28/06/19
FABRICACIÓN ELÉCTRICA Y NEUMÁTICA	30 días	jue 06/06/19	mie 17/07/19
MONTAJE EN BOSCO TECNO	35 días	lun 10/06/19	vie 26/07/19
FABRICACIÓN DE PRESERIES EN BOSCO TECNO	124 días	vie 31/05/19	lun 25/11/19
MONTAJE EN CLIENTE	15 días	lun 16/03/20	vie 03/04/20

Ilustración 23 – Tabla planificación del proyecto por tareas en Microsoft Project.

Las tareas necesitan que otras tareas hayan acabado para poder comenzar y en otras ocasiones pueden comenzar simultáneamente pero luego una tiene que esperar a otra, todos estos detalles en la planificación podemos plasmarlos más fácilmente ayudándonos en el software Microsoft Project.

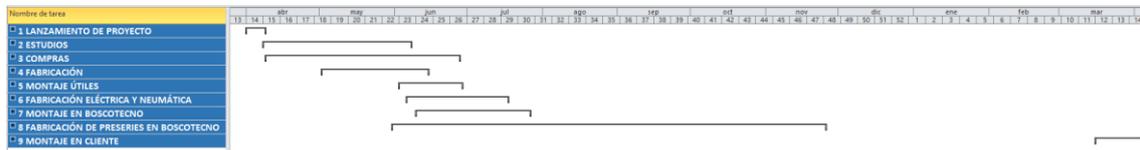


Ilustración 24 – Gráfico planificación del proyecto por tareas en Microsoft Project.

En este grafico vemos cuando empiezan y acaban las tareas, con esta tenemos de una forma más visual el solape entre tareas y podemos llevar mejor el avance del proyecto.

Realizar esta planificación es obligación del jefe de proyecto, debe ser una planificación realizable y consensuada con los técnicos que van a realizar el trabajo, de tal forma que se comprometan con el objetivo.

También es obligación del jefe de proyecto perseguir al cliente si necesitamos validaciones o información para continuar con el trabajo, de tal forma que la planificación no se retrase.

Esta planificación se irá siguiendo semana a semana para ir viendo cómo evoluciona, si se completan las acciones o hay que re planificarlas con el fin de no desorganizar otras acciones ni el resto de proyectos de la empresa que utilizan los mismos recursos. También para hacer esta planificación tenemos que contar con la ocupación de los recursos de la empresa en otros proyectos.

Si hubiera que comprimir la planificación para cumplir con las fechas la mejor manera para hacerlo es duplicando recursos en las tareas, de tal forma que el trabajo se reparta entre más personas, con el inconveniente de tener un gasto de tiempo en traspaso de informaciones entre ellos.

La planificación se ajusta para cumplir los hitos marcados por el cliente en el cuaderno de cargas y con los que nos hemos comprometido en nuestra oferta.

Para ver en detalle todos los niveles de tareas y sub tareas deberemos ver el archivo anexo a este proyecto “3.2_PlanificacionInicialProyecto.mpp” de Microsoft Project.



4.4- Compras y Fabricaciones

Antes de realizar ningún gasto en fabricación o comprar productos comerciales se deben presentar las propuestas al cliente para que sean validadas, de esta forma evitaremos tener gastos que después puedan ser rechazados por el cliente. Estas validaciones deben recogerse en las actas de reunión.

Tras la validación del cliente de esos materiales o estudios de diseño se lanzarán las peticiones de consulta de precios a diferentes distribuidores según planificación.

Se realizan 7 listas de material, cada una realizada por el departamento que le corresponda:

- Material noble – Jefe de proyecto
- Material mecánico comercial – Responsable de estudios mecánicos
- Material mecánico para mecanizar - Responsable del área de mecanizado
- Material eléctrico – Responsable de estudios eléctricos.
- Material neumático – Responsable de estudios neumáticos.
- Material de automatización – Responsable de estudios de automatismos.
- Pequeño material eléctrico – Responsable del taller eléctrico.

Una vez realizadas las listas, se consultarán a diferentes distribuidores para poder contrastar precios y plazos. Nosotros seguimos una estrategia de compras para minimizar el coste de la misma.

La forma de pago habitual con estos distribuidores de la zona es de 90 días, algo que nos viene muy bien para retrasar y minimizar la financiación necesaria.



4.4.1.- Estrategia de compra

Tras varios años en el sector y trabajando con los diferentes distribuidores de material de la zona seguimos la siguiente estrategia de compras que nos da muy buenos resultados.

1. Necesitamos las listas de material a comprar.
2. Solicitamos ofertas al menos a tres distribuidores, esto nos consume 3 días de planificación en lo que los distribuidores contestan a nuestra petición de oferta.
3. Desglosamos las ofertas y separamos los mejores precios de cada distribuidor.
4. Volvemos a solicitar ofertas para negociar con cada distribuidor en los precios que iban caros para que alcancen el precio del otro distribuidor que oferte el precio más bajo para ese elemento.
5. Una vez que ya tenemos todas las ofertas de todos los distribuidores pasamos a solicitar un descuento comercial por volumen, ya que unificaremos todos los elementos en un mismo pedido.

Como conclusión podemos decir que el objetivo es comprar todo a un mismo distribuidor con los precios más bajos del mercado (dato que obtenemos con otros distribuidores) y además conseguir un descuento comercial por volumen al unificar todos los elementos en una sola compra.

Esta estrategia de compra nos consume 10 días en la planificación y ahorramos entre un 5 % y un 7 % del precio inicial que nos ofrecen los distribuidores.

5. Descriptivo detallado

En este apartado desarrollaremos toda la parte técnica del proyecto, dividida por los diferentes oficios que intervienen en el proyecto y haciendo mención a los elementos especiales que tienen la instalación.

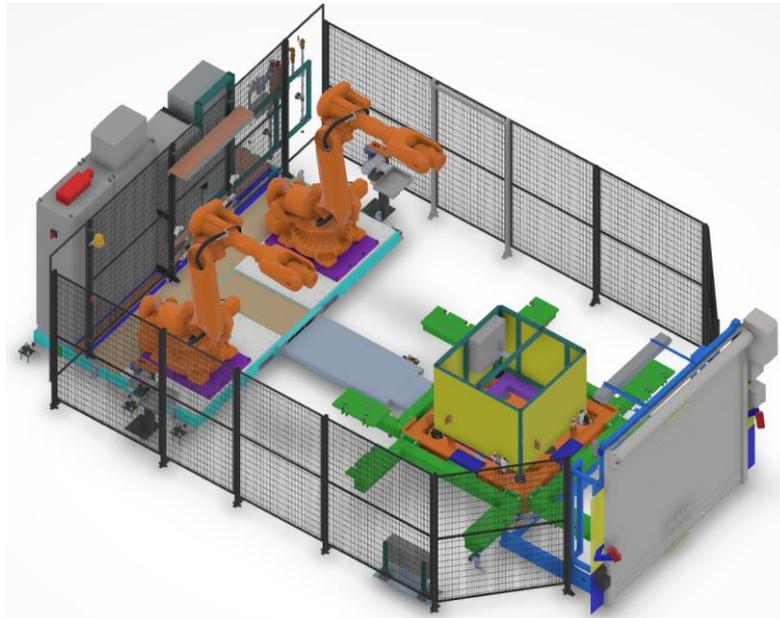


Ilustración 25 – Imagen 3D de la flexicélula después del diseño mecánico.

Las partes que tiene la instalación:

- Plataforma auto portante Gesspot tipo 1 para 2 robots.
- Cerramiento de seguridad TROAX con cierre Euchner en puerta de acceso.
- Dos robots ABB IRB 6700 IRC4 para soldadura por puntos con pinza embarcada.
- Dos pinzas de Soldadura ARO 3G con brazos. (V188610000F-00 y V188623000F-00).
- Dos sistemas de fresado de electrodos AMDP COMBI47U.
- Dos controles de soldadura Bosch MF adaptativos con referencia: R987437782.
- Mesa rotativa 360º con 4 posiciones. Mesa preparada para el cambio de utillajes.
- Panel de fluidos general de la isla estándar Gestamp tipo HIP.
- Dos paneles de fluidos para los robots.
- PLC Siemens con I/O Siemens PLC 317F 2PN/DP Profisafe.
- HMI Siemens TP1500 Confort.
- Puesto de operario con protecciones por barrera y puerta enrollable Albany.
- Ocho marcadoras SIC Marking i63S con una unidad de control y un conmutador.
- 4 utillajes para soldadura en geometría iguales 2 a 2 según la siguiente distribución:
 - Dos útiles Gouttiere G+R y Traverse AV Pavillon TOP y NA compartida.
 - Dos útiles Arceau Central Pavillon Ass, 2 Huellas.



5.1- Estudio Mecánica

En la fase de diseño mecánico partimos de los datos de la oferta, ya que algunos elementos ya fueron estudiados por el departamento comercial y fueron validados por el cliente como, por ejemplo:

- Marca y modelo de los robots.
- Mesa de giro.
- Puerta de seguridad.
- Persiana de seguridad Albany.
- Implantación y medidas de la instalación.
- Distribución de piezas en los utillajes.

Tendremos dos partes de estudios claramente diferenciadas, la instalación por un lado donde se realizará el estudio en detalle de los alcances de los robots contra el utillaje, así como la ergonomía del operario para cargar y la distancia de seguridad del operario y por otro lado el diseño de los útiles para la colocación de las piezas y que los robots sean capaces de acceder a todos los puntos de soldadura que deben dar, para ello se utilizará simulación para su comprobación.

En el estudio de la instalación habrá diseñar todas las pequeñas piezas para acoplar todos los elementos comerciales de los que se compone la instalación, estos pequeños detalles muchas veces no se tienen en cuenta y suelen generar retrasos en el montaje.

5.1.1- Flexicélula

El diseño de la flexicélula consta de ir estudiando todos aquellos pequeños elementos necesarios para ensamblar todos los elementos comerciales acordados con el cliente y necesarios para la fabricación del producto final.

Diseño de implantación

Esta imagen, pero en formato plano con acotaciones es el que les sirve a los montadores para emplazar todos los elementos en la nave.

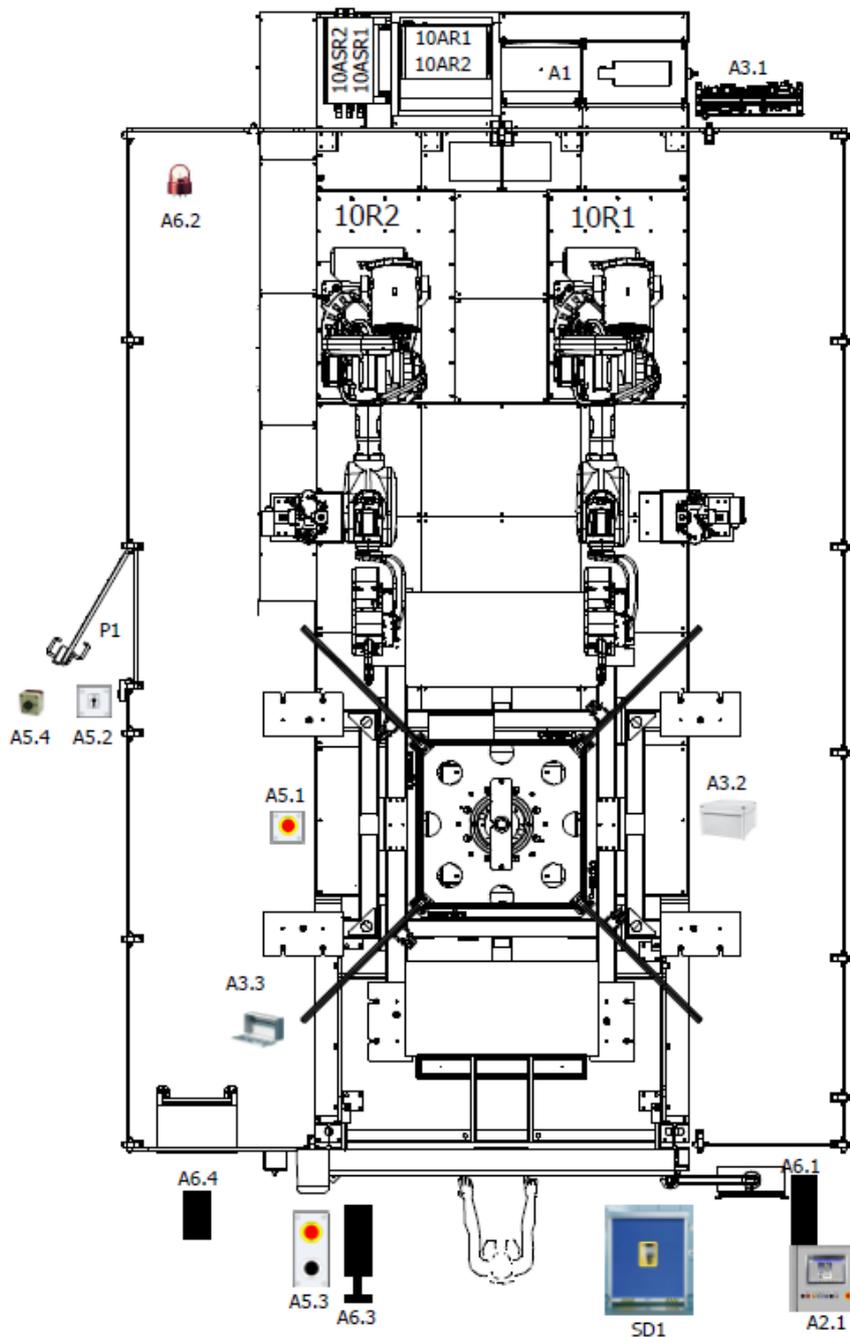


Ilustración 26 – Imagen croquis en planta de la flexicélula.

Mesa de giro

La mesa de giro es un elemento comercial suministrado por Goizper Group, simplemente hay que detallarles las velocidades de giro que tendrá la mesa y el peso que tendrá en cada una de sus cuatro posiciones. Con estos datos ellos calculan las inercias de la mesa y dimensionan el servo controlador y contrapesan la mesa si fuera necesario.

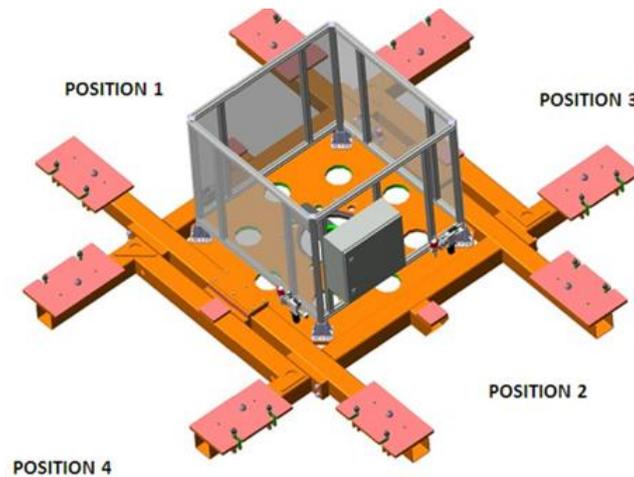


Ilustración 27 – Imagen 3D mesa de giro de cuatro posiciones.

Algunas de las características principales de la mesa de indexado ZPGI 1200B / KHZ77/R son:

- Precisión de indexado: 15 arcsec = 4,16 milésima de grado.
- Máxima carga axial: 800 kN
- Máximo momento de vuelco: 50 kNm
- Máxima carga radial: 160 kN
- Peso de la mesa sin utillajes: 700 Kg



Ilustración 28 – Foto de la mesa de giro y los robots en las instalaciones de Boscotecnico en el montaje.

Alcances de robot

Mediante el software Tecnomatix RobCAD o su versión más reciente Tecnomatix Process Simulate comprobamos los alcances y accesos de los robots a todos los puntos de soldadura tras el diseño de los utilajes.

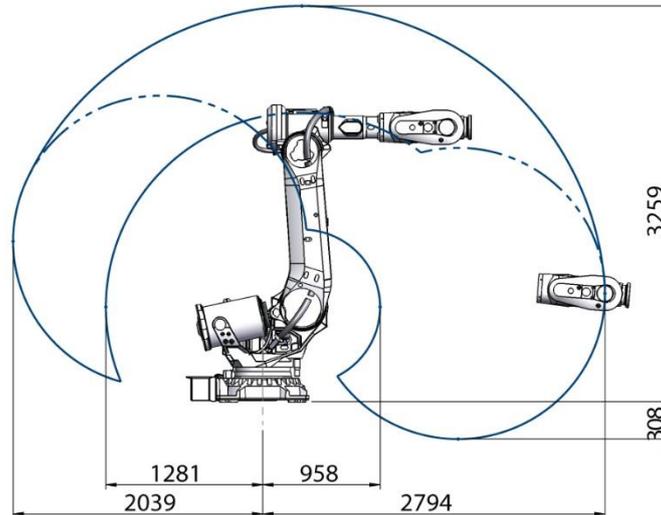


Ilustración 29 – Imagen croquis alcances de un robot ABB IRB 6700/205/2.8. - Fuente: Bibliografía [2].

Se realiza el estudio de alcances de los robots, de forma que, conociendo el modelo de robot, ABB IRB 6700/205/2.8, y el modelo de la pinza de soldadura, ARO V188610000F-00 y V188623000F-00, podemos simular las trayectorias para soldar todos los puntos necesarios de las piezas, esto nos permite calcular la distancia optima a la que tienen que estar los robots respecto de la mesa de giro.

Tras este estudio se propone al cliente amarrar la pinza de soldadura a 90° respecto del eje 6 del robot y desplazar ligeramente la base del robot respecto de la plataforma auto portante estándar, esta propuesta es aceptada por el cliente y así se ejecutará el proyecto.

5.1.2- Utillajes

Todos los utillajes en este cliente van referenciados respecto al **cero vehículo**, y estas coordenadas deberán estar en todos los planos generados. En los utillajes también tendrán cuatro puntos exactos referenciados que deberán llevar una placa identificativa con las coordenadas del punto respecto del cero vehículo.

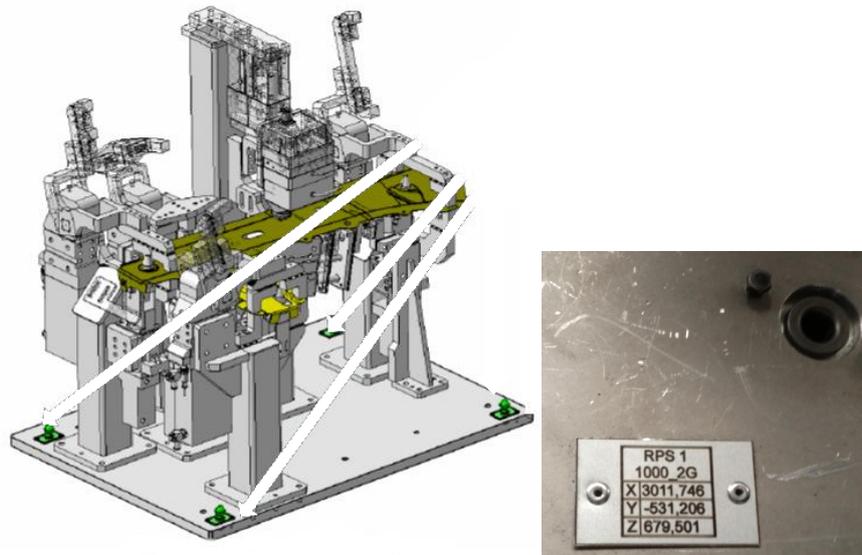


Ilustración 30 – Imagen localización de puntos en el útil con las coordenadas cero vehículo.

La referencia tiene su centro en la intersección entre el eje longitudinal del vehículo y el eje del tren delantero, los ejes son:

- **Eje X:** largo del vehículo y sentido positivo hacia atrás.
- **Eje Y:** ancho del vehículo y sentido positivo hacia la derecha desde el punto de vista del conductor.
- **Eje Z:** altura del vehículo y sentido positivo hacia arriba.



Ilustración 31 – Imagen localización del eje de referencia del cero vehículo. – Fuente Bibliografía [3].

RPS – Puntos de referencia del sistema

Todas las piezas están diseñadas de forma que puedan referenciarse geométricamente y por lo tanto tienen una serie de puntos para ello, estos puntos son los RPS.

Para geometrizar una pieza debemos restringir los 6 grados de libertad del sólido rígido de cada pieza a soldar, de esa forma garantizaremos que todas las piezas se soldaran en las mismas posiciones.

Los elementos que necesitamos para restringir los 6 grados de libertad son:

- De 6gdl a 3dgl con 3 apoyos generando un plano de apoyo para la pieza ZZZ.
- De 3gdl a 1gdl con un piloto redondo sobre un agujero redondo de la pieza, restricción de un punto XY sobre el plano ZZZ, restricción en dos direcciones.
- De 1gdl a 0gdl con un piloto redondo sobre un agujero rasgado de la pieza, restricción de un punto XY + Y sobre el plano ZZZ, restricción en una dirección.

Con estas acciones tenemos la pieza 100 % restringida y sin hiperestaticidad.

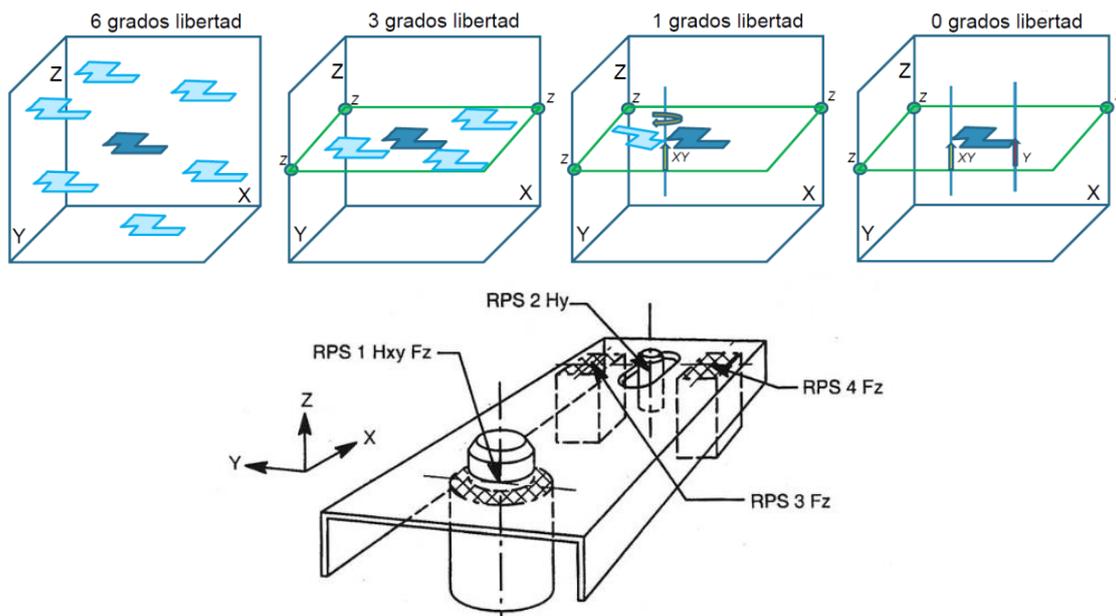


Ilustración 32 – Imagen elementos necesarios para restringir los seis grados de libertad de una pieza.

Como vimos en el apartado 3.1 estudio de tiempos la distribución de los utillajes es:

- ST1 y ST2 – Utillaje para fabricar 2 piezas Arceau Central simultáneamente.
- ST3 y ST4 – Utillaje común para las piezas de Gouttiere G+R y Traverse TOP o NA

Utillajes ST1 y ST2 – Arceau Central

Nomenclatura y distribución de elementos en el útil.

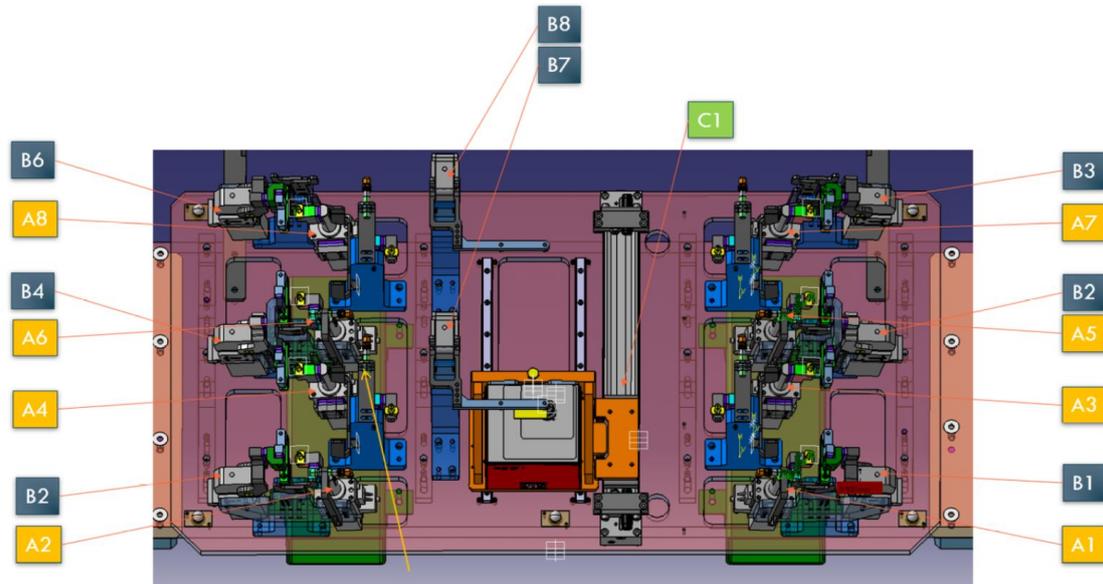


Ilustración 33 – Imagen viñeta mecánica del utillaje ST1 y ST2.

Diseño 3D del utillaje con dos huellas para fabricar 2 piezas en cada ciclo de maquina

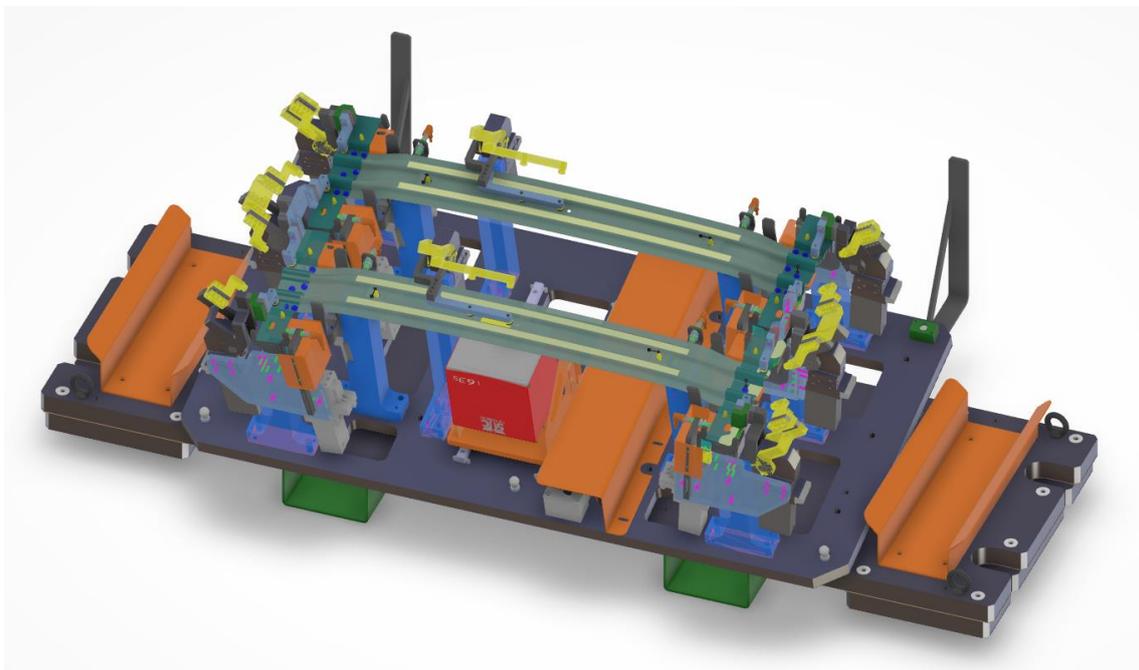


Ilustración 34 – Imagen 3D utillaje ST1 y ST2.

Utillajes ST3 y ST4 – Gouttiere G y D + Traverse TOP y NA

Nomenclatura y distribución de elementos en el útil.

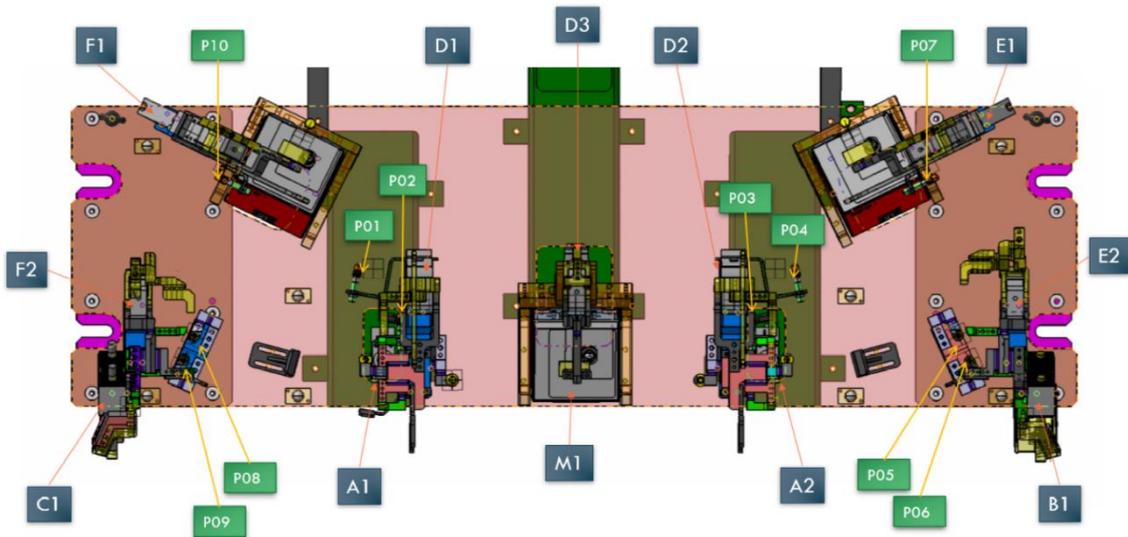


Ilustración 35 – Imagen viñeta mecánica del utillaje ST3 y ST4.

Diseño 3D del utillaje, para fabricar las dos Gouttiere y una de las dos Traverse al mismo tiempo.

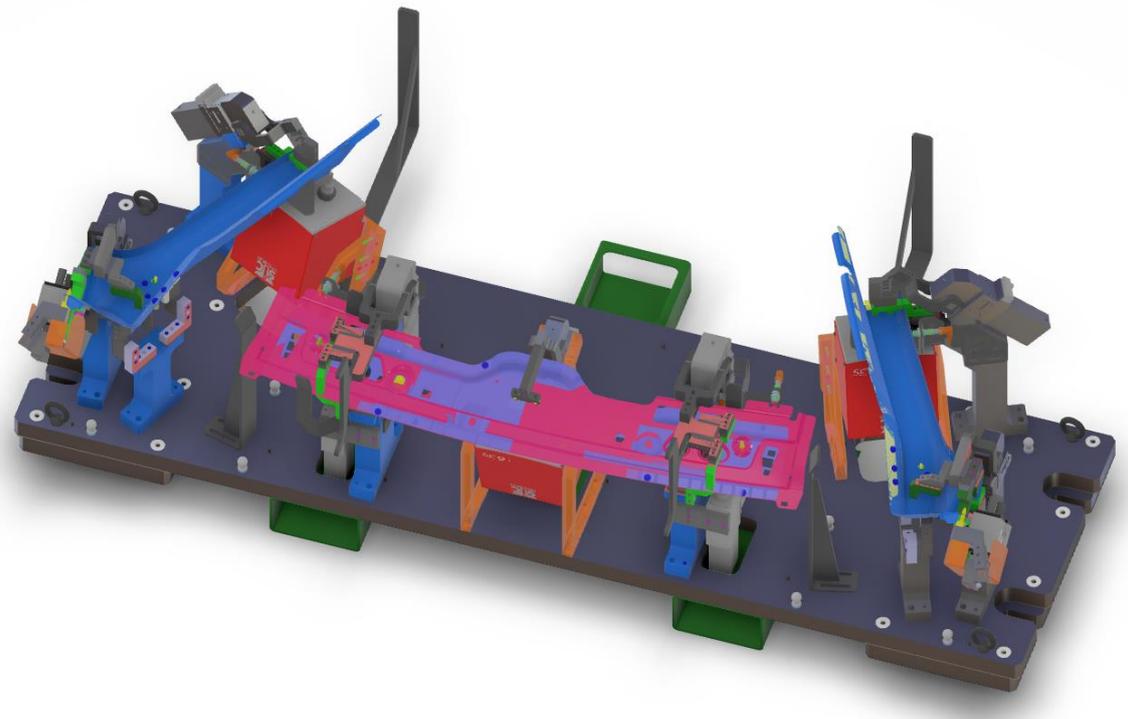


Ilustración 36 – Imagen 3D utillaje ST3 y ST4.

5.2- Estudio Eléctrico

El departamento de diseño eléctrico de la empresa lo primero que tiene que hacer es el cálculo de potencias de la instalación para poder informar al cliente y que prepare una acometida eléctrica en su fábrica de la sección adecuada, para ello tenemos que hacer una lista de los elementos que tienen consumo eléctrico.

El cliente nos ofrece una acometida de 400 Vac trifásica, por lo tanto, desde esa tensión tendremos que generar 230 Vac y 24 Vdc que son las tensiones que necesitamos para todos los elementos ofertados.

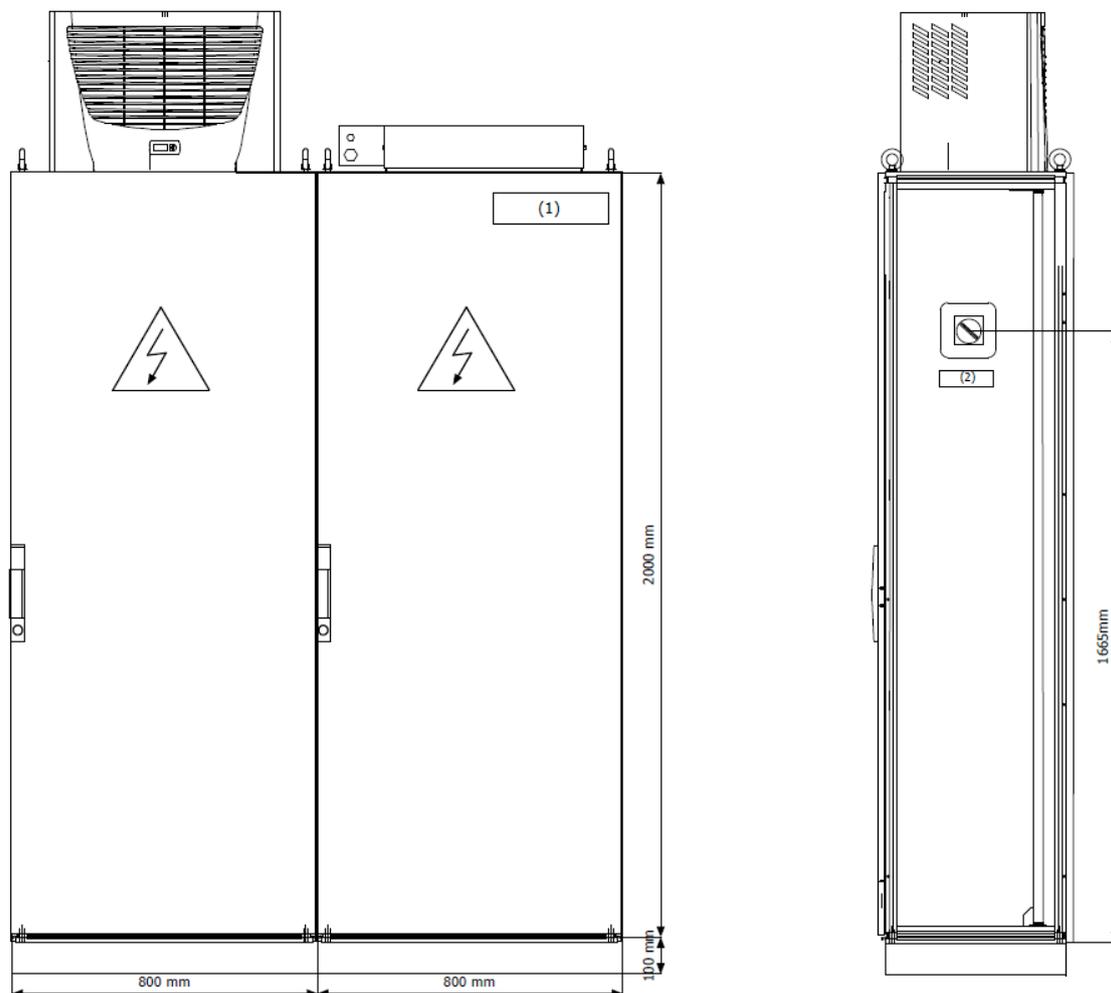


Ilustración 37 – Imagen croquis exterior del armario eléctrico.

Como se ve en la imagen, serán necesarios 2 cuerpos de armarios de 800 mm x 2000 mm, esto se determina con la lista de material completa.

Potencia 230 Vac

Primero calculamos todos los elementos que tenemos alimentados a 230 Vac y con ello obtendremos el transformador necesario:

- Control de marcadoras.
- Dos enchufes para aparatos electrónicos, en armario y en hmi.
- Enchufe para mantenimiento.
- Luces en lado operador.
- Luces en el interior de la instalación.

El consumo total teniendo en cuenta la simultaneidad se satisface con un transformador de 2500 VA. Luego el transformador elegido es el siguiente:



Ilustración 38 – Foto transformador 400 Vac-230 Vac Manumag TA002255400. .– Fuente Bibliografía [5].

Control 24 Vdc

En este caso el estándar nos indica la fuente de alimentación que debe ser, SIEMENS 6EP3437-8MB00-2CY0, y solo tenemos la libertad de variar la potencia de la misma, en nuestro caso tras el listado de materiales alimentados a 24 Vdc concluimos que nos es suficiente con una potencia de 960 W lo que es lo mismo que 40 amperios.

- PLC.
- HMI.
- Conmutador de marcadoras.
- Relés.
- Contactores.
- Barreras inmateriales de seguridad.
- Detectores.
- Electroválvulas.



Ilustración 39 – Foto fuente 400 Vac-24 Vdc SIEMENS 6EP3437-8MB00-2CY0. – Fuente Bibliografía [6].

El reparto de elementos eléctricos de los utilajes lo veremos en la parte de estudio neumático ya que es un estudio común y la parte neumática tiene más peso.



Potencia 400 Vac

Una vez que tenemos el estudio de 230 Vac y de 24 Vdc podemos hacer el estudio de 400 Vac, ya que los dos anteriores afectan para este último.

La lista de elementos que tienen consumo de tensión de 400 Vac son los siguientes:

- Robot R1.
- Robot R2.
- Control de Soldadura R1.
- Control de Soldadura R2.
- Fresadora R1.
- Fresadora R2.
- Puerta enrollable Albany.
- Mesa de giro servo controlada.
- Transformador de 400 Vac a 230 Vac.
- Fuente de 400 Vac a 24 Vdc.
- Enchufe de mantenimiento

Teniendo en cuenta los consumos de cada elemento podemos determinar el seccionador de corte principal y las protecciones generales además de las específicas de cada elemento.

Tendremos una protección general en el armario de 400 Amperios.

Cada control de soldadura tendrá una protección de 160 Amperios y una sección de cable de 35 mm².

Y habremos llegado a la conclusión que la acometida eléctrica que el cliente tiene que poner a nuestra disposición es de 120 mm².

Cálculo de armario eléctrico

Una vez que tenemos todos los elementos necesarios y sus dimensiones desde el software Eplan nos es posible colocarlos para hacer una distribución de armario eléctrico para que el departamento eléctrico pueda fabricarlo.

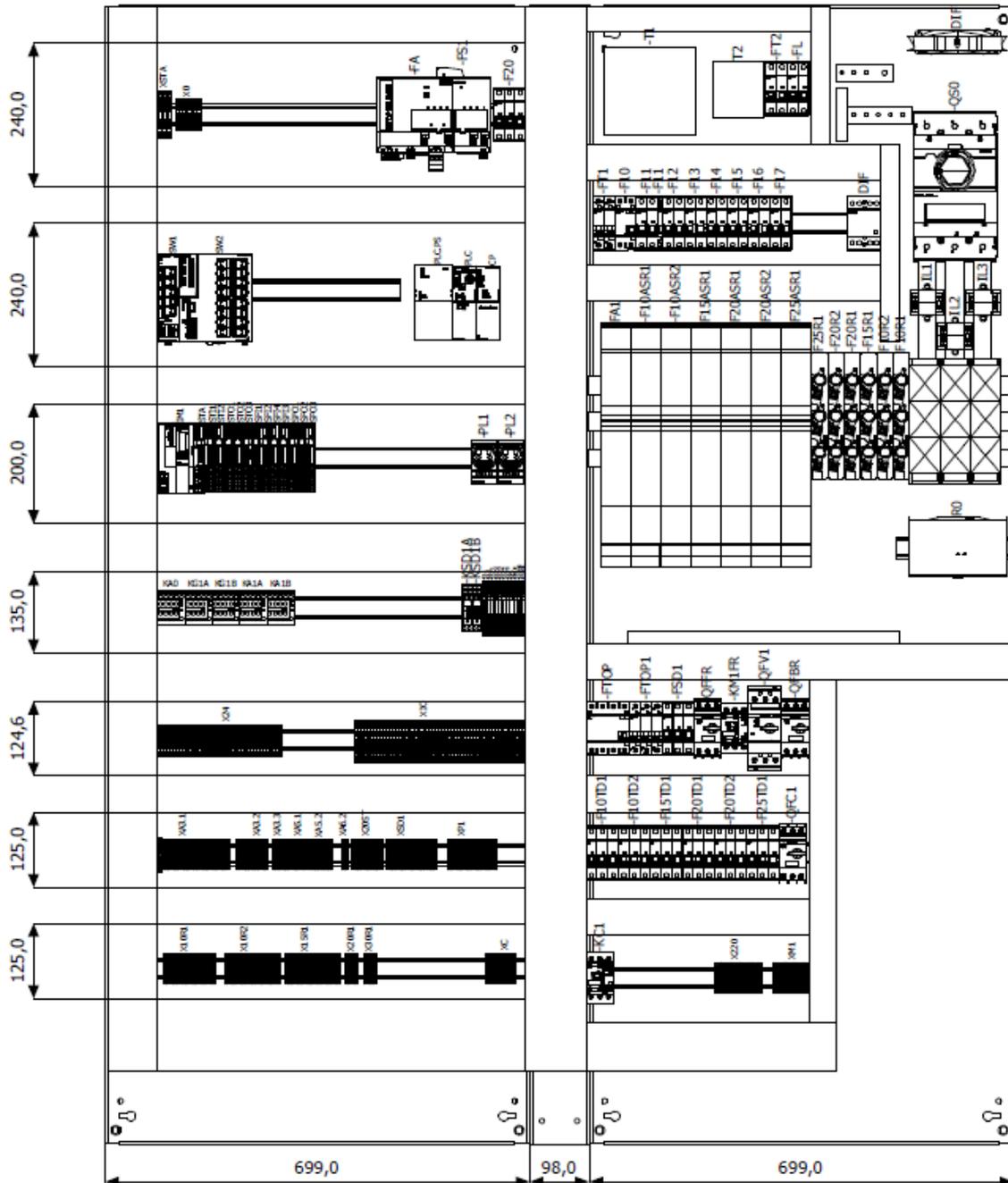


Ilustración 40 – Imagen croquis interior del armario eléctrico.

5.3- Estudio Neumático

Al tratarse de un producto estándar del cliente la parte de tratamiento de aire comprimido es estándar sin poder aportar nada por parte del proveedor. El grupo de tratamiento instalado es SMC Q1T00426-C001 que consta de un SMC Q1T00426-A101 grupo de tratamiento de seguridad completo de aire comprimido más tratamiento de entrada de refrigerante y salida del mismo SMC Q1T00426-C002.

Este equipo de SMC esta dimensionado para una instalación estándar, con 2 robots y una mesa de cuatro posiciones. Si nuestra instalación tuviese algún otro elemento que consumiera aire comprimido tendríamos que hacer el estudio para ver si este grupo de tratamiento sería suficiente o tendríamos que irnos a una gama superior.

Este grupo de tratamiento también acomete de refrigerante a la instalación, entrada y salida además de tener llaves de paso para poder cortar el flujo y un flujostato con termostato para tener controlado en todo momento si el refrigerante está circulando correctamente y si su temperatura es la correcta.

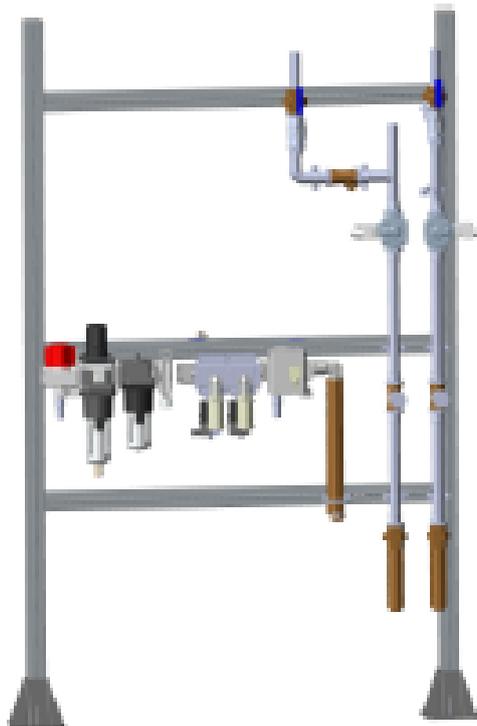


Ilustración 41 – Imagen 3D del grupo de tratamiento de aire y agua SMC Q1T00426-C001.

Sin embargo, el estudio neumático del utillaje sí que es algo particular de cada pieza y para ello tenemos que esperar al departamento de diseño mecánico que nos indique que elementos son necesarios para geometrizar cada pieza.

Utillajes

Los 4 utillajes llevan módulos SMC EX245-SPR1-X161 que son los que marca el estándar, estos módulos van comunicados por profinet y alimentados a 24Vdc.

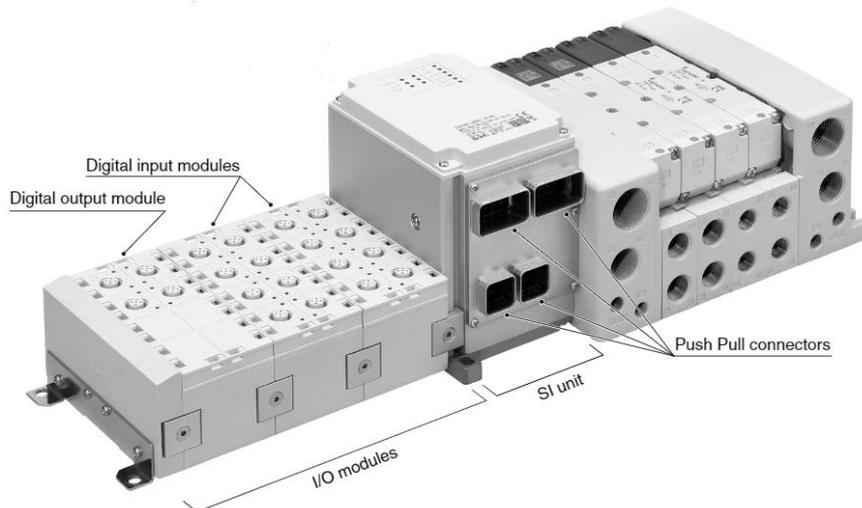


Ilustración 42 – Foto grupo eléctrico/neumático SMC EX245 SPR1-X161 para los utillajes. – Fuente Bibliografía [7].

Los utillajes se acometen tras este pequeño grupo de tratamiento SMC Q1T00426-A002 compuesto de una llave de corte manual SMC VHS40-F04A, una electroválvula de seguridad SMC VP742-5DZ1-04F-M-X536 y un presostato digital SMC ISE30A-01-B. Por lo tanto, como vemos en el esquema los utillajes tendrán aire P1 y aire P2, el primer aire se usará para los pilotos, de esta forma evitamos que caigan cuando el operario entre en la zona o se abra la puerta mientras que las bridas tendrán aire P2 y así siendo movimientos seguros ya que quitamos el aire cuando el operario puede entrar en contacto con el utillaje.

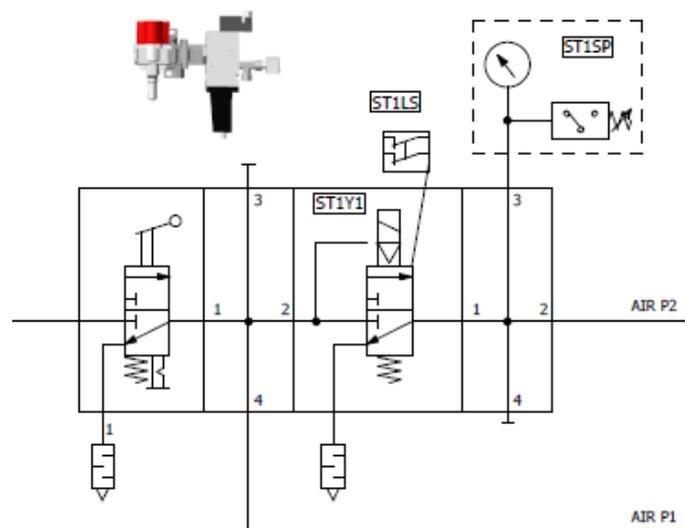


Ilustración 43 – Imagen del grupo de tratamiento SMC Q1T00426-A002 para los utillajes.

Utilajes de Arceau Central tendrán:

Configuración exacta del equipo SMC EX245-SPR1-X161 para los utilajes ST1 y ST2

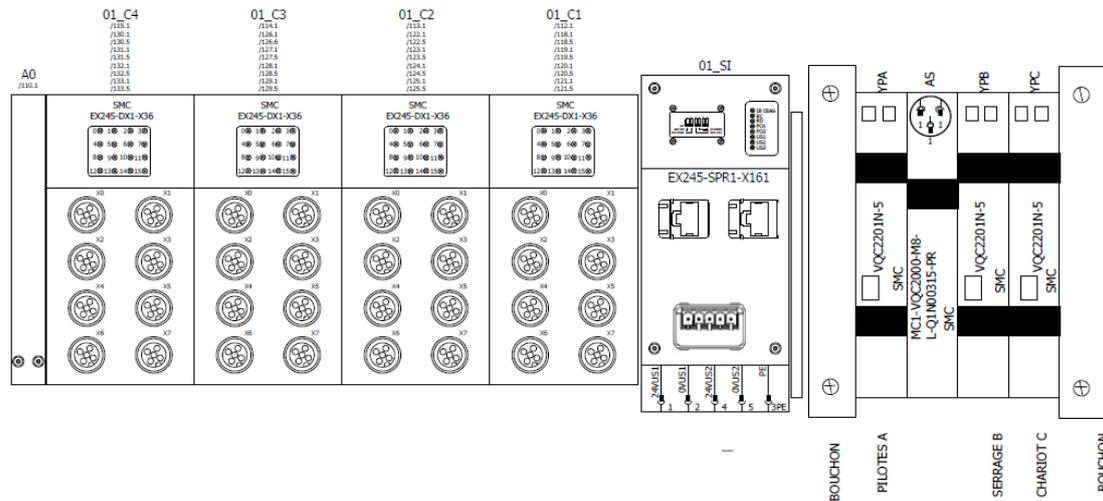


Ilustración 44 – Imagen croquis grupo SMC para ST1 (igual para ST2).

Eléctrico:

- Detector presencia pieza 1.
- Detector presencia pieza 2.
- Detector presencia pieza 3.
- Detector presencia pieza 4.
- Detector presencia pieza 5.
- Detector presencia pieza 6.
- Detector presencia pieza 7.
- Detector presencia pieza 8.

Neumática:

- EV para pilotos A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8.
- EV para bridas B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7 y B8.
- EV para carro C1.

Utillajes de Gouttiere + Traverse tendrán:

Configuración exacta del equipo SMC EX245-SPR1-X161 para los utillajes ST3 y ST4

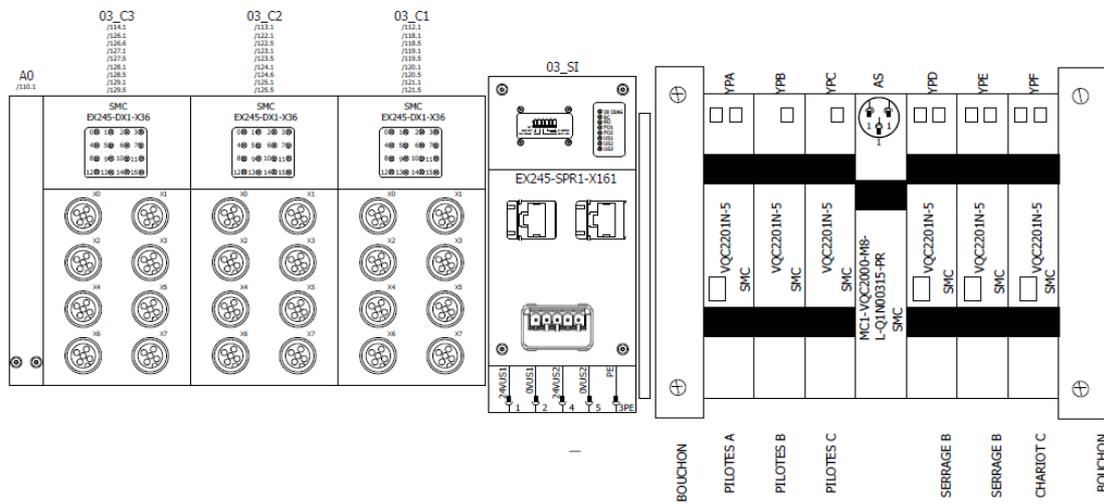


Ilustración 45 – Imagen croquis grupo SMC para ST3 (igual para ST4).

Eléctrico:

- Detector presencia pieza 1 (Traverse).
- Detector presencia pieza 2 (Traverse).
- Detector presencia pieza 3 (Traverse).
- Detector presencia pieza 4 (Traverse).
- Detector presencia pieza 5 (Gouttiere derecha).
- Detector presencia pieza 6 (Gouttiere derecha).
- Detector presencia pieza 7 (Gouttiere derecha).
- Detector presencia pieza 8 (Gouttiere izquierda).
- Detector presencia pieza 9 (Gouttiere izquierda).
- Detector presencia pieza 10 (Gouttiere izquierda).

Neumática:

- EV para pilotos A1 y A2.
- EV para pilotos B1.
- EV para pilotos C1.
- EV para bridas D1, D2 y D3.
- EV para bridas E1 y E2.
- EV para bridas F1 y F2.

5.4- Estudio de Refrigeración

En este proyecto el estudio de la refrigeración es una parte muy sencilla, ya que todos los datos vienen impuestos por el cliente, las pinzas de soldadura, los controles de soldadura, el panel de fluidos y la acometida de refrigerante en la instalación es uno de los suministros de la instalación de los que se encarga el cliente, ya que unirá esta instalación a su sistema de refrigeración de planta global.

Datos:

- Tasa Máxima de Caudal: 45 l/min
- Conexión Eléctrica: M12
- Salida de Control: Colector abierto PNP
- Estilo de Montaje: Montaje en panel
- Tensión de Alimentación: 24 Vdc
- Temperatura de Funcionamiento Mínima: 0 °C
- Temperatura de Funcionamiento Máxima: +50 °C

Acometida de 1pulgada con 5 litros/minuto, dato obtenido de los datos del taller donde se implantará la instalación.

Panel de fluidos, 1pulgada con regulador de caudal, caudalímetro con sensor de temperatura para comprobar que el refrigerante está fluyendo y no existen problemas de obstrucción.

Como límite, la instalación se detendrá si la temperatura del refrigerante de vuelta es superior a 35°C, un error que seremos capaces de detectar gracias al sensor de temperatura del caudalímetro SMC PF2W740-F04-67N.



Ilustración 46 – Foto flujostato digital SMC PF2W740-F04-67N. .– Fuente Bibliografía [8].

5.5- Automatización

La automatización de la instalación se basa en el estándar SICAR, que es el elegido por el cliente para sus instalaciones. Como las flexicélulas es un producto estándar, podemos partir de la base del programa de PLC y HMI de otra instalación, de esta manera ahorraremos mucho tiempo y solo tendremos que reprogramar las secuencias de los robots, y utillajes específicos de nuestra instalación.

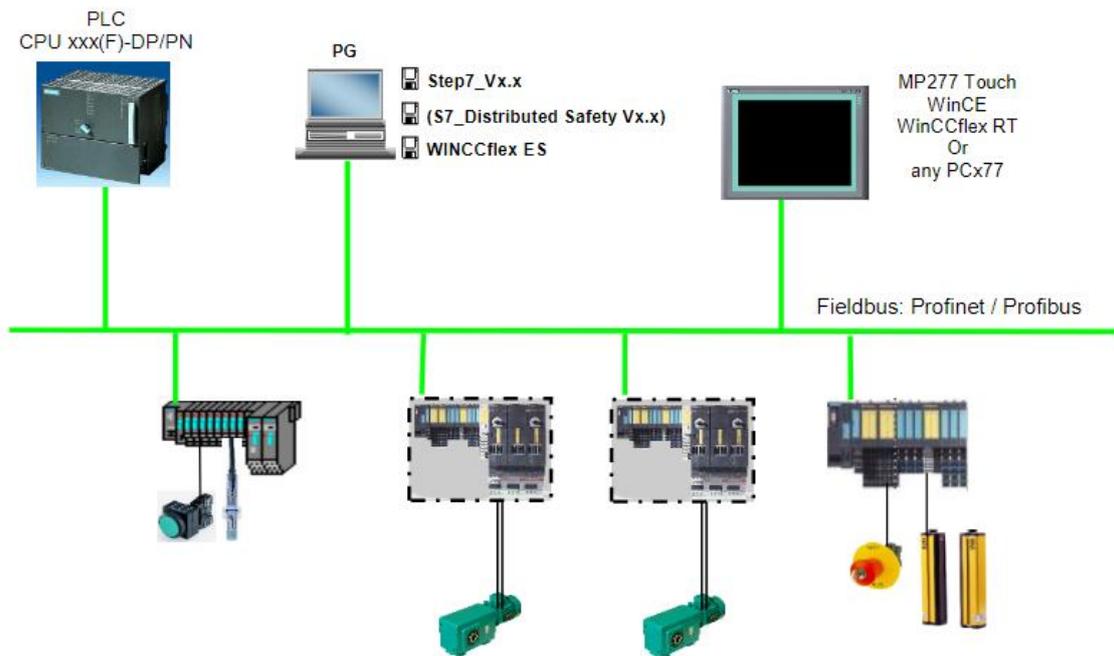


Ilustración 47 – Imagen croquis elementos típicos red SICAR SIEMENS. – Fuente Bibliografía [9].

Concretamente todos los elementos que conforman la instalación y la red profinet son:

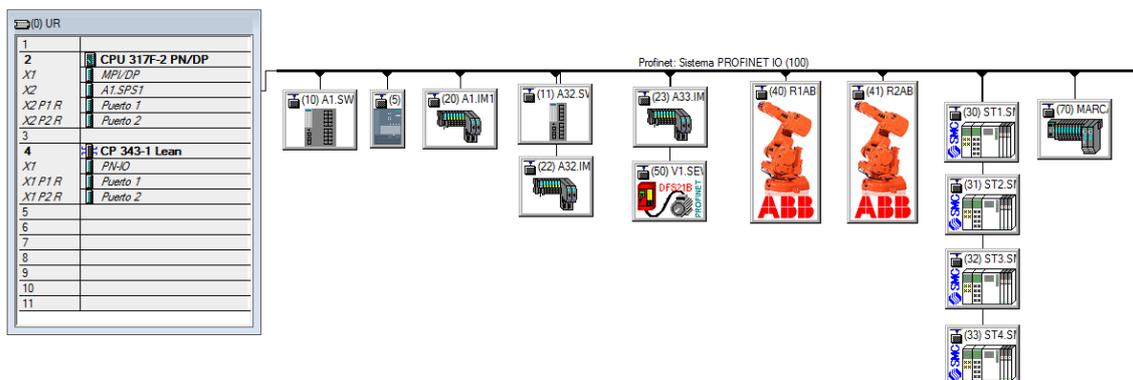


Ilustración 48 – Imagen croquis hardware profinet de la instalación.

Entradas, Salidas y Red Profinet

La instalación cuenta con los siguientes elementos de red:

ELEMENTO PROFINET		ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADAS SEGURAS	SALIDAS SEGURAS
A1.SPS1	192.168.1.2				
CPU 317F-2PN					
A1.FA	192.168.1.5	E150	A150		
FUENTE 24V		E200	A221		
A21.HMI	192.168.1.6				
PANTALLA					
A1.SW2	192.168.1.10				
SWITCH					
A32.SW1	192.168.1.11				
SWITCH					
A1-IM1	192.168.1.20	E0	A0	E1000	A1036
CARTAS		E99	A99	E1035	A1099
A32-IM1	192.168.1.22	E100	A100	E1100	A1150
CARTAS		E119	A119	E1149	A1199
A33-IM1	192.168.1.23	E120	A120	E1200	A1250
CARTAS		E129	A129	E1249	A1299
ST1.SMC1	192.168.1.30	E400	A400		
UTILLAJE		E409	A409		
ST2.SMC1	192.168.1.31	E410	A410		
UTILLAJE		E419	A419		
ST3.SMC1	192.168.1.32	E420	A420		
UTILLAJE		E429	A429		
ST4.SMC1	192.168.1.33	E430	A430		
UTILLAJE		E439	A439		
R1ABB	192.168.1.40	E2100	A2100	E1800	A1800
ROBOT		E2163	A2163	E1811	A1811
R2ABB	192.168.1.41	E2200	A2200	E1812	A1812
ROBOT		E2263	A2263	E1823	A1823
A1-V1	192.168.1.50	E2000	A2000	E1700	A1700
MESA GIRO		E2011	A2011	E1705	A1705
MARCADO	192.168.1.70	E300	A300		
CARTAS		E303	A301		

Ilustración 49 – Tabla elementos hardware profinet de la instalación.

En la tabla también indicamos el direccionamiento de entradas y salidas de cada elemento, así como si las entradas o salidas son normales o de seguridad. También se ve la dirección IP, el nombre profinet y una descripción del elemento.

Seguridad

La instalación cuenta con los siguientes elementos de seguridad:

ELEMENTO	UBICACIÓN
Setas de emergencia	En el armario de la pantalla de explotación
	En la botonera 1 de validación del operario
	En la botonera 2 de validación del operario
	En la puerta de acceso
	En la pantalla del robot 1
	En la pantalla del robot 2
	En el interior de la instalación
Barreras inmateriales	Vertical en la zona de carga de operario
	Horizontal en la zona de carga de operario
Puerta enrollable Albany	Da acceso a la zona de carga operario
Puerta Euchner	Dar acceso a la instalación
Pulsador de Rearme	En el armario de la pantalla de explotación
	En la botonera de validación del operario

Ilustración 50 – Tabla elementos de seguridad de la instalación.

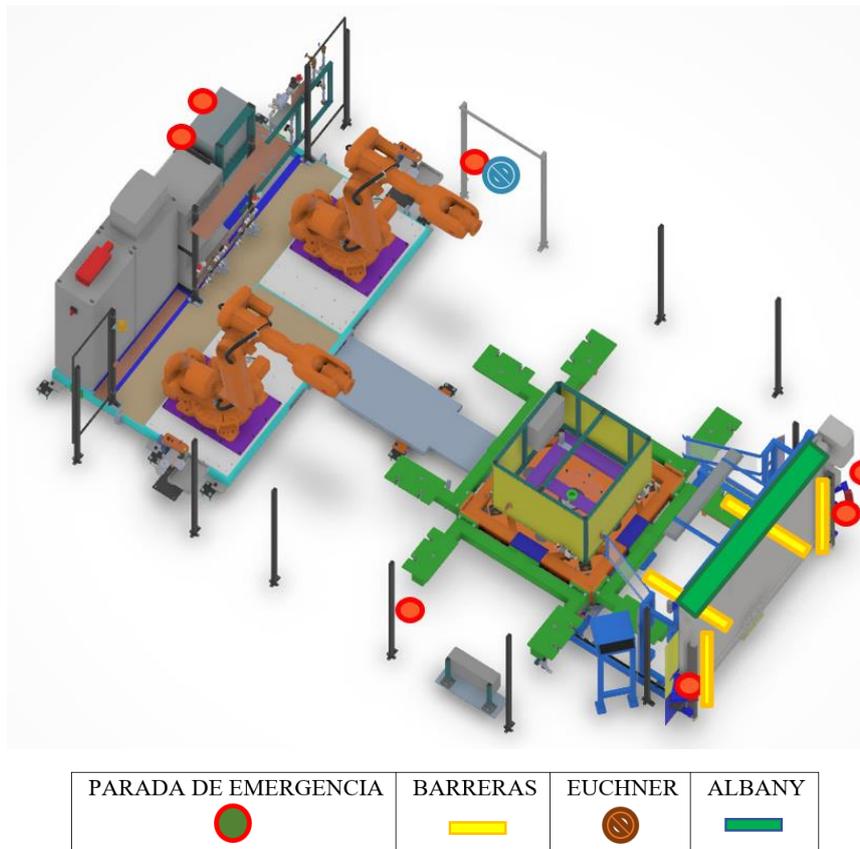


Ilustración 51 – Imagen elementos de seguridad de la instalación.

Armario de pantalla de explotación

La pantalla de explotación o HMI es desde donde el operario puede modificar cualquier modo o parámetro de la instalación, así como leer los mensajes o alarmas para saber en qué estado se encuentra la instalación.

El armario de la pantalla de explotación cuenta con una serie de botones para funciones de modo habituales y también una seta de emergencia.



Ilustración 52 – Imagen armario pantalla explotación instalación.

						
Reserva	Pulsador Rearme Seguridades	Selector Manual Automático	Pulsador Validación Manual	Pulsador Validación Automático	Selector Luces On/Off	Seta de Emergencia

Ilustración 53 – Tabla botonera de la pantalla de explotación.

Pantalla de explotación HMI

Desde la pantalla de explotación “Human machine interface” el operador puede interactuar con la instalación, puede parametrizar los diferentes modos de producción y también puede conocer el estado y las alarmas de la instalación.

Tendríamos que irnos al manual de instrucciones de la instalación para conocer la funcionalidad y acciones de todos los botones y pantallas.

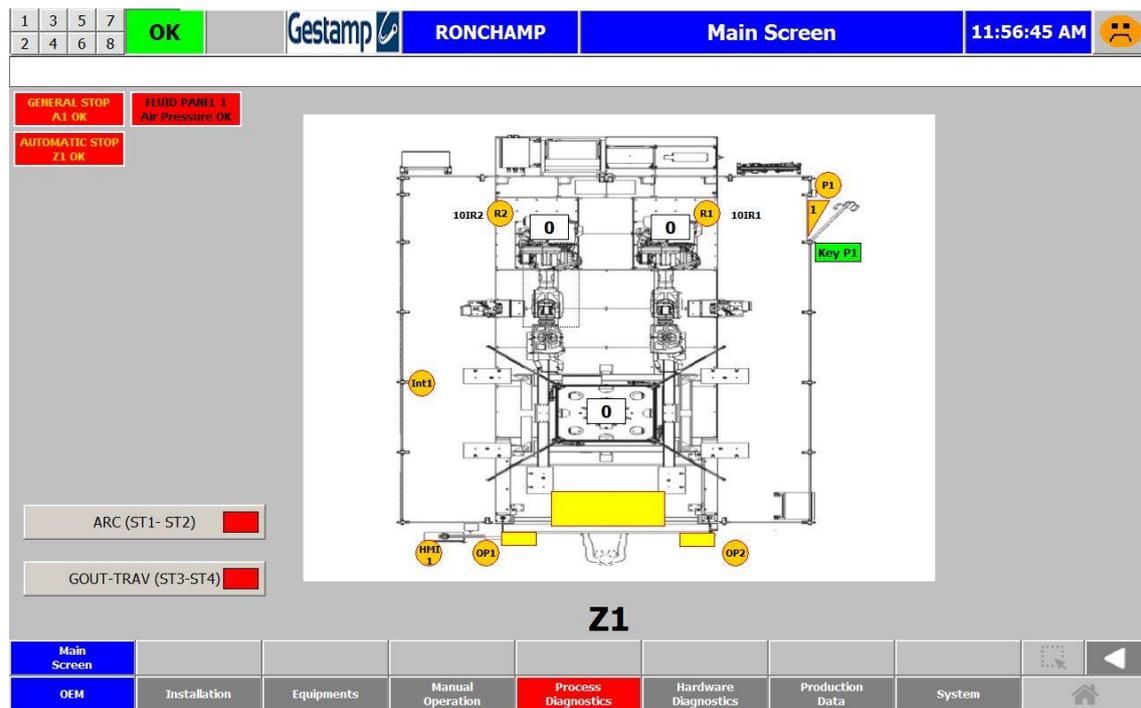


Ilustración 54 – Imagen pantalla principal del HMI.

5.6- Robótica

La marca y modelo de los robots la determina el cliente según su estándar, ABB IRB 6700 205/2.80. Una vez diseñada la parte mecánica de la instalación hay que comprobar con algún software de simulación robótica como puede ser RobCAD o Process Simulate el alcance y acceso de los robots con las pinzas de soldadura a todos los puntos de soldadura de todas las piezas en los utillajes diseñados. Si el estudio de alcances o accesibilidad no fuese satisfactorio habría que rediseñar la posición del robot o los utillajes hasta que lo sea.



Ilustración 55 – Foto robot ABB IRB 6700 con pinza de soldadura ARO 3G.

Algunas de las características más representativas de estos robots son:

- Repetitividad de posición RP: 0,05 mm.
- Repetitividad de trayectoria RT: 0,15 mm.
- Alcance: 2,80 metros.
- Capacidad de carga: 205 Kg.
- Centro de gravedad: 300 mm.
- Par en la muñeca: 1263 Nm.
- Numero de ejes: 6.
- Protección: IP67.
- Montaje: Suelo o invertido.
- Controlador IRC5: Armario simple.

Nosotros hemos usado el programa RobCAD para el estudio de los alcances y accesos a todos los puntos de soldadura.

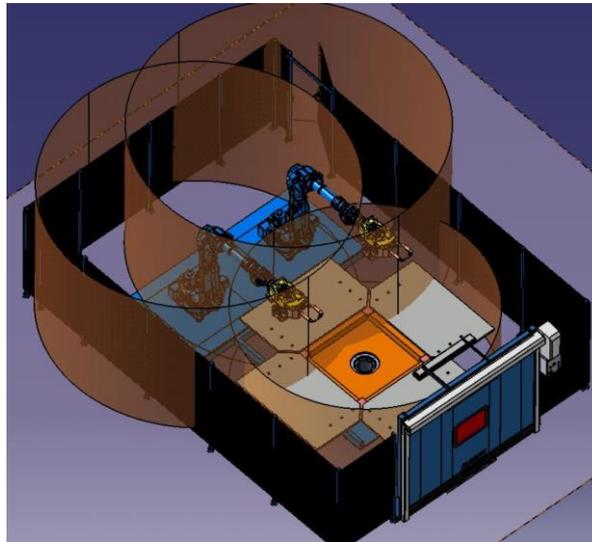


Ilustración 56 – Imagen 3D de estudio de alcances de los robots en la flexicélula.

La programación de la robótica se hace en dos partes:

- Offline: el software de estudio de alcance y trayectorias nos ofrece la posibilidad de obtener esas trayectorias como programa de partida de los robots.
- Online: con el programa base que traemos de la simulación tendremos que ajustar todos los puntos de soldadura sobre los utillajes reales de la instalación.

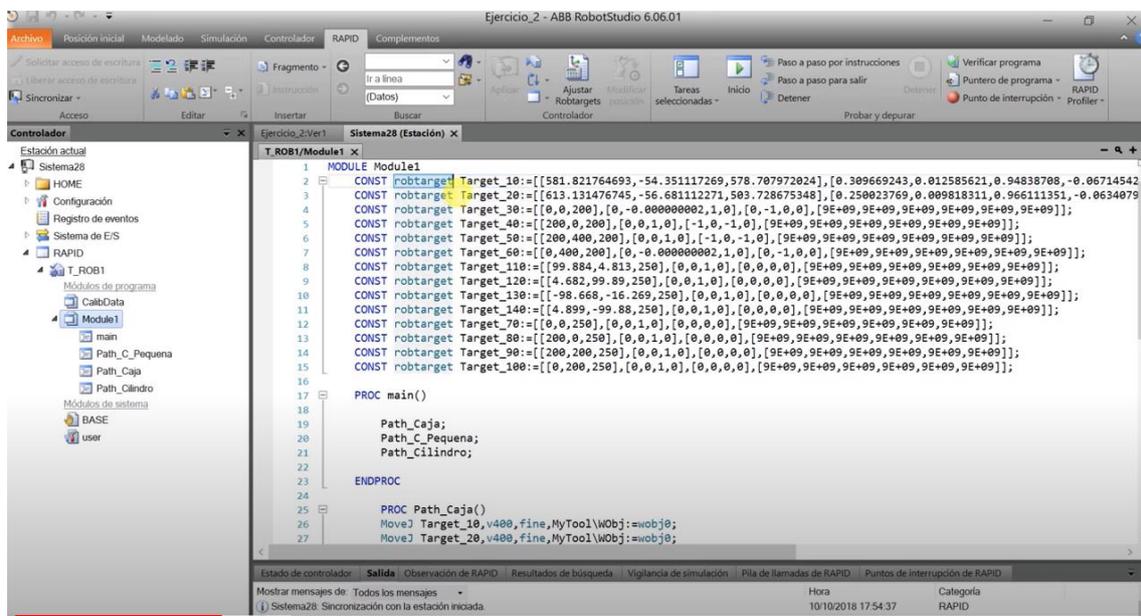


Ilustración 57 – Imagen software RobotStudio ABB

5.7- Pinzas de soldadura

Cada robot tendrá una pinza de soldadura ARO 3G según estándar Gestamp.

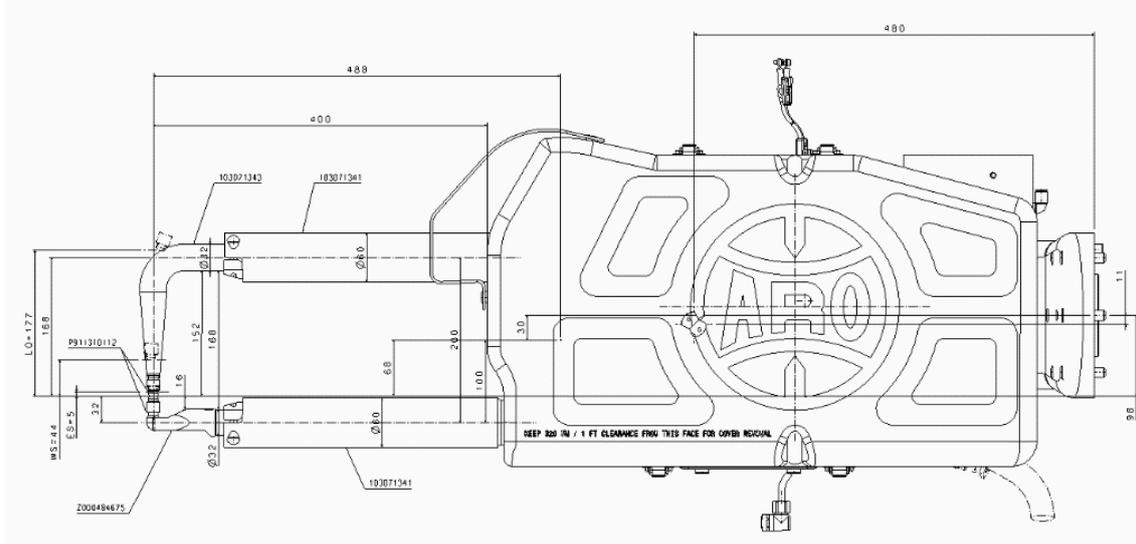


Ilustración 58 – Imagen croquis pinza de soldadura ARO 3G.

Estas pinzas se acoplan directamente al eje 6 del robot, son servo controladas y la apertura de los electrodos se considera el séptimo eje del robot, tienen control de fuerza y ajuste de compensación de desgaste de electrodos.

Entre sus características más destacables están:

- Fácil montaje.
- Compensación servo eléctrica.
- Servomotores refrigerados por agua.
- Sensor de fuerza integrado.
- Máxima intensidad 20 kA.
- Máxima fuerza 1200 daN.



Ilustración 59 – Foto pinza de soldadura ARO 3G. . – Fuente Bibliografía [12].

5.8- Grupos de soldadura

Cada robot tendrá un control de soldadura Bosch Rexroth MF-System PSI 6000 según estándar Gestamp.



Ilustración 60 – Foto control de soldadura Bosch Rexroth MF-System PSI 6000. . – Fuente Bibliografía [13].

Estos controladores vienen pre cableados en su propio armario de control, simplemente habrá que realizar las interconexiones con la acometida de tensión, la salida a la pinza del robot y los intercambios eléctricos de entradas y salidas, así como los intercambios por comunicación con los robots.

Algunas de sus características son:

- Tensión de entrada 400 V.
- Corriente de entrada máxima 110 A.
- Sección del conductor de entrada 35 mm².
- Tensión de salida 9 V.
- Corriente de salida máxima 20 kA.
- Corriente de salida constante 6,5 kA.

Los parámetros más básicos que tenemos que configurar en cada programa de soldadura son:

- Presión de pre-soldadura, soldadura y post-soldadura.
- Corriente de pre-soldadura, soldadura y post-soldadura.
- Ciclos de pre-soldadura, soldadura y post-soldadura.

El Tiempo de soldadura se mide en ciclos, 1 ciclo equivale a 20 ms, ya que la frecuencia de la red es de 50 Hz.

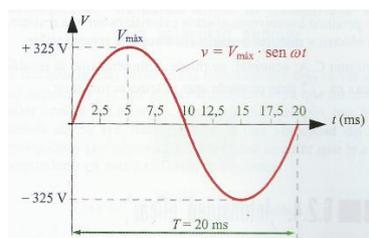


Ilustración 61 – Imagen onda senoidal 50 Hz -> 20 ms.

Este control de soldadura es programado mediante el software BOS 6000.

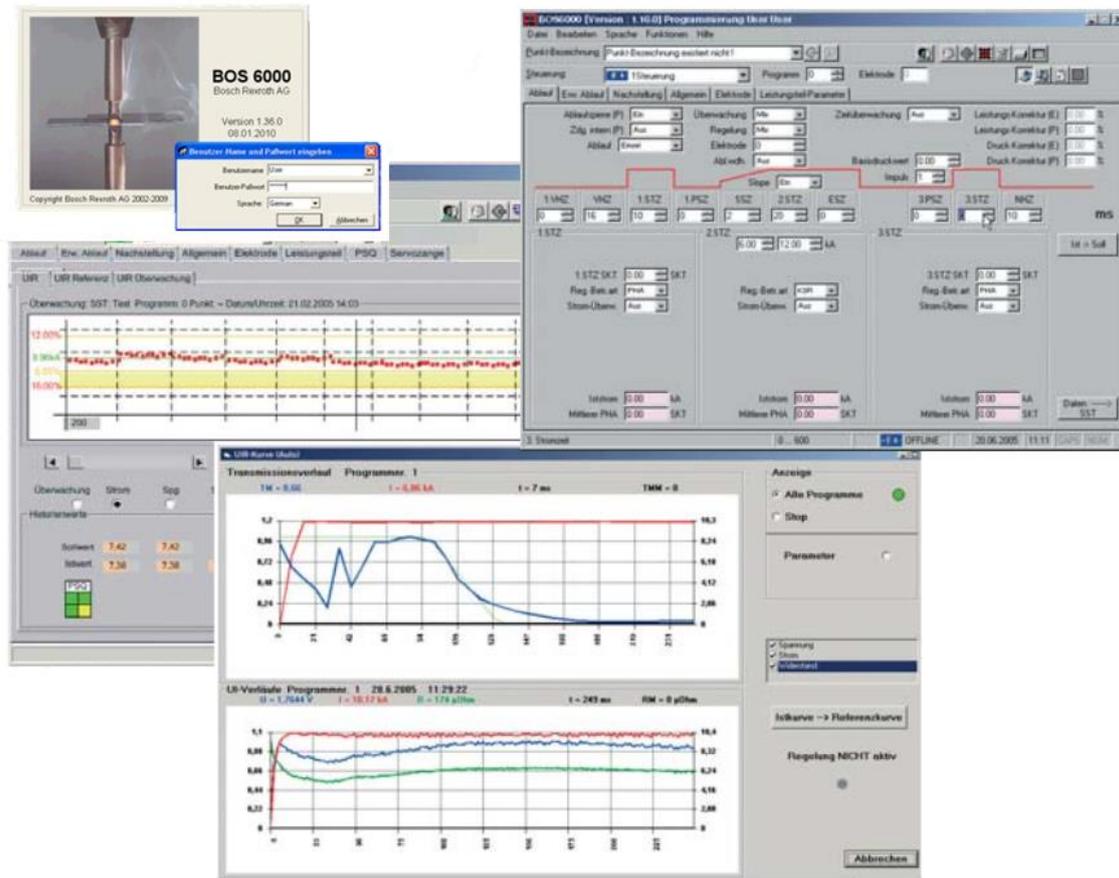


Ilustración 62 – Imagen software BOS 6000 de los controles de soldadura.

Los cálculos técnicos que tienen que desarrollar los automatistas en este campo son:

- Cálculo de potencia según espesor de chapa y material, pruebas con piezas, ensayos de rotura y de aspecto, modificación de valores teóricos hasta alcanzar los valores finales.
- Comunicación entre los controles de soldadura y los robots.
- Configuración de los diferentes programadas de soldadura y parámetros, cada punto de soldadura se da con un programa diferente, de esta forma si se quiere realizar alguna modificación de parámetros de algún punto solo afecta a ese punto.
- Ajuste de compensación de desgaste de caps.
- Ajuste de alarma de número de puntos hasta fresado de caps y numero de fresados máximo hasta alarma de cambio de caps.
- Aprendizaje de las curvas de calibración de cada punto para conseguir soldaduras optimas reduciendo el consumo de energía y las proyecciones.

5.9- Marcadoras

La marca y modelo de la marcadora es la solicitada por el cliente, el estándar contempla dos marcas y después cada planta del grupo Gestamp elige, en este caso es un marcado de la marca SIC Marking.



Ilustración 63 – Foto control de marcado y una cabeza de marcaje. . – Fuente Bibliografía [14].

Tendremos un solo control de marcado que estará comunicado con el PLC, tendrá programado 8 programas de marcado, tendremos 8 cabezas de marcado y un armario conmutador comunicado con el PLC. De esta forma seremos capaces de marcar cada una de las piezas de forma independiente pero no simultáneamente.

Mediante el PLC sabremos indicarle al controlador que pieza es la que tiene que marcar en cada momento y que código tiene que marcar en cada pieza.

Para eso usamos un pequeño armario conmutador, de este modo desde el plc conmutamos la cabeza que le toque marcar en cada momento.

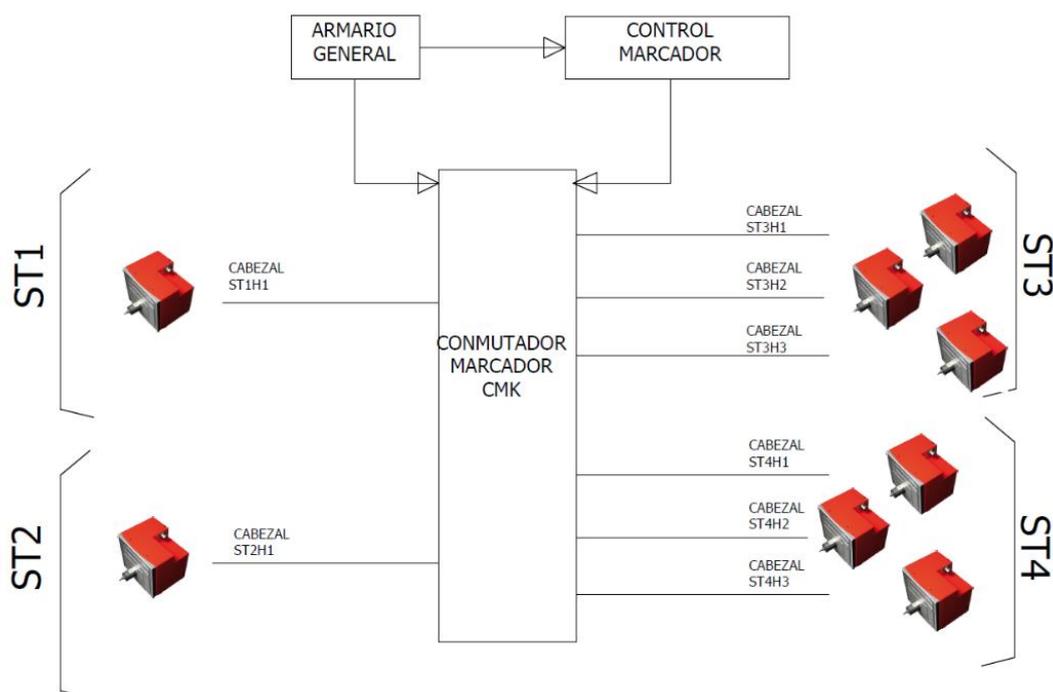


Ilustración 64 – Imagen croquis de las interconexiones del control marcadora

Distribución de las cabezas de marcado

Utillaje ST1	Cabeza 1 Embarcada en un carro para poder marcar 2 piezas distintas.	Marcará la pieza "Arceau Central" Huella 1 y Huella 2.
	Cabeza 2 Embarcada en un carro para poder marcar 2 piezas distintas.	Marcará la pieza "Arceau Central" Huella 1 y Huella 2.
Utillaje ST3	Cabeza 3	Marcará la pieza "Gouttiere derecha"
	Cabeza 4	Marcará la pieza "Gouttiere izquierda"
	Cabeza 5	Marcará la pieza "Traverse TOP" o "Traverse NA" la que se esté fabricando en ese momento
Utillaje ST4	Cabeza 6	Marcará la pieza "Gouttiere derecha"
	Cabeza 7	Marcará la pieza "Gouttiere izquierda"
	Cabeza 8	Marcará la pieza "Traverse TOP" o "Traverse NA" la que se esté fabricando en ese momento

Ilustración 65 – Tabla distribución de las cabezas de marcado en utillajes

El texto a marcar en las piezas será el siguiente:

- LINEA 1: Número de serie de la pieza + Contador (diario)
- LINEA 2: Año + DíaDelAño + Turno

SSSSSSS CCCC
AA DDD T

Representación del diseño del marcado en las piezas.

El armario de control es el encargado de conmutar la cabeza de marcado apropiada en cada caso con el control de la marcadora, de esta manera con un solo control podemos hacer el marcaje de todas las piezas. El inconveniente que tiene es que no se pueden hacer marcajes simultáneamente, pero haciendo el estudio de tiempo de ciclo no es un problema marcar cada pieza por separado.

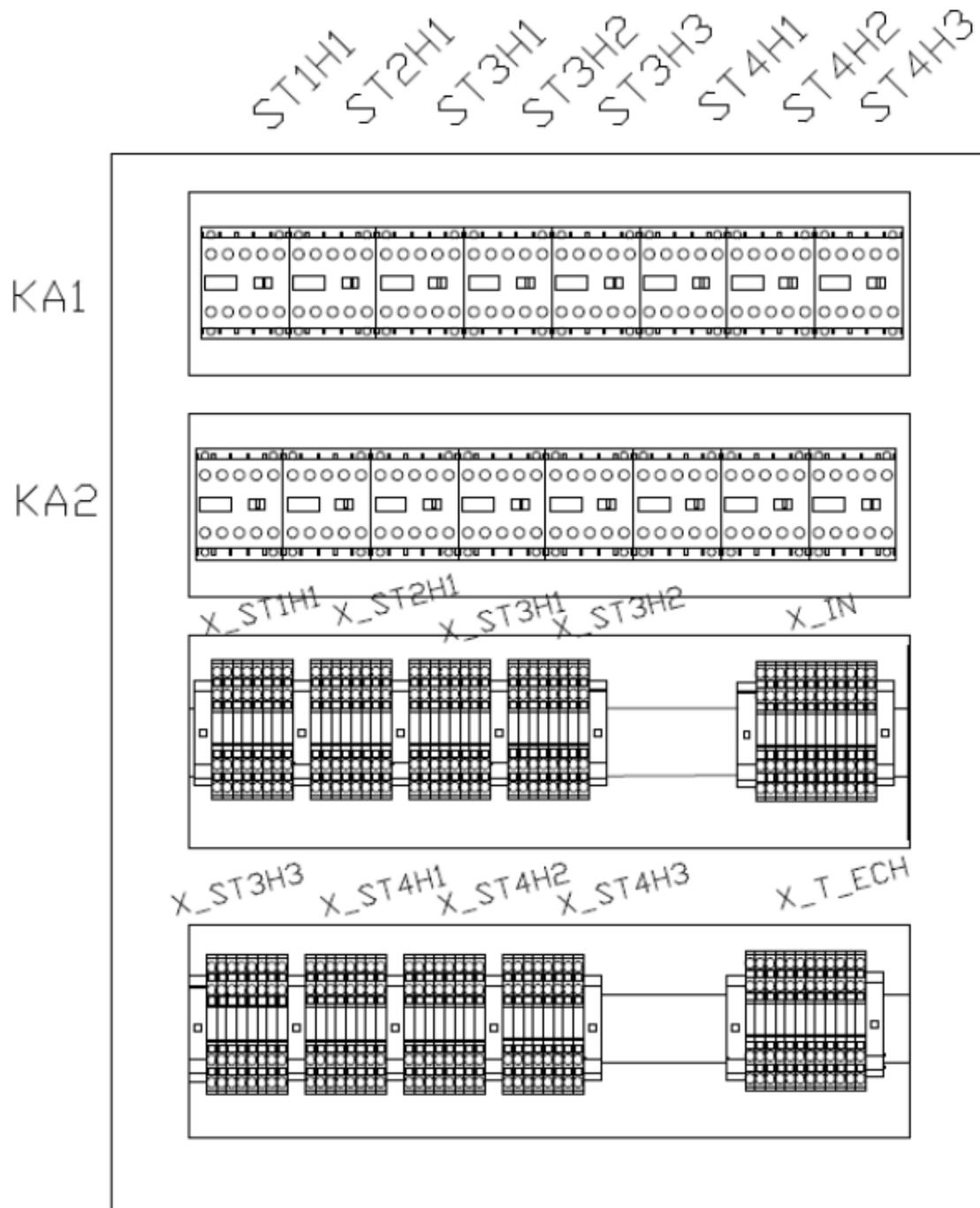


Ilustración 66 – Imagen croquis de la implantación eléctrica del conmutador de cabezas de marcado.

5.10- Pre-series

La realización de pre-series es importante, tanto para el cliente como para el proveedor.

Con ellas el proveedor es capaz de probar la instalación en su casa teniendo piezas buenas en varias fases del proyecto, con ello minimiza los riesgos en el montaje en cliente.

Por otro lado, el cliente tiene piezas buenas antes de tener la instalación en su casa, lo que le permite realizar destructivos de soldadura, comprobar geometría, entregar piezas al cliente final y comprobar que realmente la instalación está lista para desmontarla y volverla a montar en su nave.

En este proyecto se contrataron las siguientes pre-series.

HITO	CANTIDAD	FECHA	CONFORMIDAD
Lote A	20	Semana 27 de 2019	50 %
Lote 1.1	150	Semana 29 de 2019	65 %
Lote 1.2	150	Semana 36 de 2019	70 %
Lote 2.1	300	Semana 42 de 2019	95 %
Lote 2.2	300	Semana 48 de 2019	100 %
Fabricación final en cliente	xxx	Semana 14 de 2020	100 %

Ilustración 67 – Tabla descripción de pre-series contratadas con el cliente

Para la fabricación de pre-series necesitaremos:

- Recepción de los componentes para fabricar las piezas.
- Un mecánico para cargar las piezas y deberá hacer ensayos destructivos cada cierta pieza para comprobar que la fabricación se está realizando correctamente.
- Un automatistas para manejar la instalación.
- Empaquetar las piezas fabricadas para enviar a cliente.

5.11- Desmontaje y transporte

La instalación ha sido diseñada para un fácil desmontaje tanto mecánico como eléctrico y neumático.

Tras desconectar toda la neumática que va con enchufes rápidos y la electricidad que va con conectores tipo harting procedemos a desmontar los robots de la estructura.

Todo el contenido de la instalación entra en un tráiler convencional, no es necesario tener dos transportes ni un transporte especial para llevar la instalación hasta el cliente.



Ilustración 68 – Foto tráiler para transportar la instalación hasta el cliente.

La instalación se desmontará en las partes que en diseño ha sido previsto para poder transportarla en el tráiler. Todo el material será cargado y descargado en el tráiler con una carretilla elevadora contrapesada.

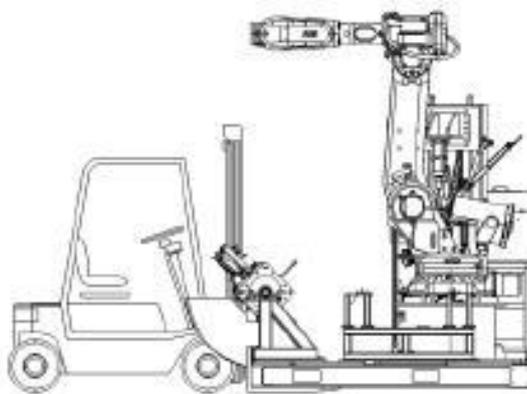


Ilustración 69 – Imagen croquis carretilla elevadora contrapesada cargando un robot.

5.12- Montaje en cliente

Con la instalación completamente probada en Boscotecno y validada por el cliente solo nos queda volver a montar todo exactamente igual para volver a tener la instalación funcionando.

Todos los elementos de la instalación están referenciados y por lo tanto nos será sencillo volver a montar la instalación tal y como estaba, pero esto no nos da la precisión necesaria para las trayectorias de robot.

Las acometidas de la instalación es responsabilidad del cliente, eléctrico, neumático y refrigeración.

Las tareas que hay que realizar en cliente antes de la validación final son:

- Retoma de trayectorias finas de los puntos de soldadura, ya que la precisión que tenemos es de decimas de milímetro y aunque todo se monte igual nunca se consigue afinar tanto.
- Ajustar parámetros de soldadura, al cambiar la acometida eléctrica y el orden de fases la soldadura se comporta de forma diferente y necesitamos volver a validar todos los puntos de soldadura y hacer nuevos destructivos.
- Comprobar intercambio con el sistema CAPTOR3 de planta, el cual podrá identificar el estado de la instalación mediante un relé le indicaremos con un pulso de 2 segundos cada vez que la instalación realice una pieza buena.
- Tendremos la visita de una tercera empresa que tendrá que validar la seguridad de la instalación, si el informe fuese no satisfactorio por su parte deberías de realizar las modificaciones necesarias para conseguir la acreditación de seguridad de esta empresa.
- Realizar la última fabricación contratada con el cliente hasta la completa satisfacción y la validación final.



Ilustración 70 – Foto instalación desde el interior funcionando en cliente.

5.13- Certificación CE

Toda instalación industrial debe tener un Certificado CE para cumplir con las normativas de la comunidad europea, para obtener dicho certificado debemos tener los siguientes documentos:

- Análisis de Riesgos.
- Declaración de Conformidad Firmada.
- Manual de Instrucciones en el idioma donde se va a usar la instalación.
- Análisis de fiabilidad.
- Placa identificativa CE.
- Acreditación de una tercera empresa.

Todos estos documentos se realizan en fase de estudios, aunque alguno de ellos es rematado después del montaje en blanco incluso después de la integración en cliente si se realizase algún cambio sustancial.

Una instalación de este tipo tendrá 5 certificados CE independientes, por un lado, tendremos el CE de la instalación y por otro lado tendremos el CE de cada utillaje por separado. No olvidemos que estas instalaciones son denominadas flexicélulas porque los utillajes pueden quitarse fácilmente y ponerlo en otra instalación, por ello cada utillaje tiene su propio certificado CE.

Diagrama de una plantilla para el diseño e impresión de una placa de certificación CE. La plantilla incluye el logo de BOSCO TECNO, el nombre de la empresa C/Hidrógeno nº 63, la dirección 47012 Valladolid y el sitio web <http://www.boscotecno.es/>. También muestra el símbolo CE. El formulario contiene los siguientes campos:

Nº PROYECTO	B1500	PESO	XX Kg
DENOMINACIÓN	XXXXXXXX		
FECHA	XX/XX/2015		
DESIGNACIÓN PIEZA	XXXXX		

Ilustración 71 – Imagen plantilla para diseño e impresión de placa certificado CE.

El cliente para la aceptación final de la instalación nos pide que una tercera empresa certificadora valide los estudios de seguridad una vez que la instalación está en cliente, en Francia que es el destino final de esta instalación la empresa certificadora es DEKRA, por lo tanto, contaremos con sus servicios para la validación de la seguridad y certificación CE de la instalación.



6. Planificación

En este apartado veremos las diferentes fases de planificación que hemos tenido durante el proyecto y las compararemos entre ellas para ver cómo han ido variando y por qué motivos.

Primero tuvimos una planificación para ver la viabilidad en la fase de oferta, con la adjudicación del proyecto recalculamos esa planificación para ajustarla al momento exacto y los recursos disponibles, y finalmente veremos la planificación real que ha tenido el proyecto para ver las desviaciones que han surgido para poder aprender en futuros proyectos cuáles son los posibles motivos que pueden afectar a la planificación.

De cara al cliente hemos usado Microsoft Project para la realización y seguimiento de la planificación, pero en interno hemos usado una herramienta informática interna para la planificación del proyecto, ya que esta herramienta sincroniza todos los recursos de la empresa para todos los proyectos activos y posibles futuros proyectos.

6.1- Planificación ofertada

Como ya vimos en el apartado 3.2 Estudio de la planificación hicimos una planificación a groso modo para poder decidir si era una buena oportunidad de negocio para nuestra empresa o no dependiendo de la ocupación de recursos que nos consumía y en qué momento.

Para hacer ese estudio desglosamos el proyecto de la siguiente manera y vimos que si seríamos capaces de satisfacer los plazos demandados por el cliente.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1 LANZAMIENTO DE PROYECTO	6 días	lun 04/03/19	lun 11/03/19
2 ESTUDIOS	60 días	lun 11/03/19	vie 07/06/19
3 COMPRAS	53 días	mar 09/04/19	jue 27/06/19
4 FABRICACIÓN	31 días	jue 02/05/19	vie 14/06/19
5 MONTAJE ÚTILES	20 días	lun 03/06/19	vie 28/06/19
6 FABRICACIÓN ELÉCTRICA Y NEUMÁTICA	30 días	jue 06/06/19	mié 17/07/19
7 MONTAJE EN BOSCO TECNO	35 días	lun 10/06/19	vie 26/07/19
8 FABRICACIÓN DE PRESERIES EN BOSCO TECNO	124 días	vie 31/05/19	lun 25/11/19
9 MONTAJE EN CLIENTE	15 días	lun 16/03/20	vie 03/04/20

Ilustración 72 – Tabla planificación ofertada en Microsoft Project.

El desglose de las tareas puede verse en el documento Anexo “3.2_PlanificacionInicialOfertado.mpp”

Gráficamente vemos el avance del proyecto a lo largo del tiempo hasta llegar al 100% que sería su finalización y aceptación final por parte del cliente.

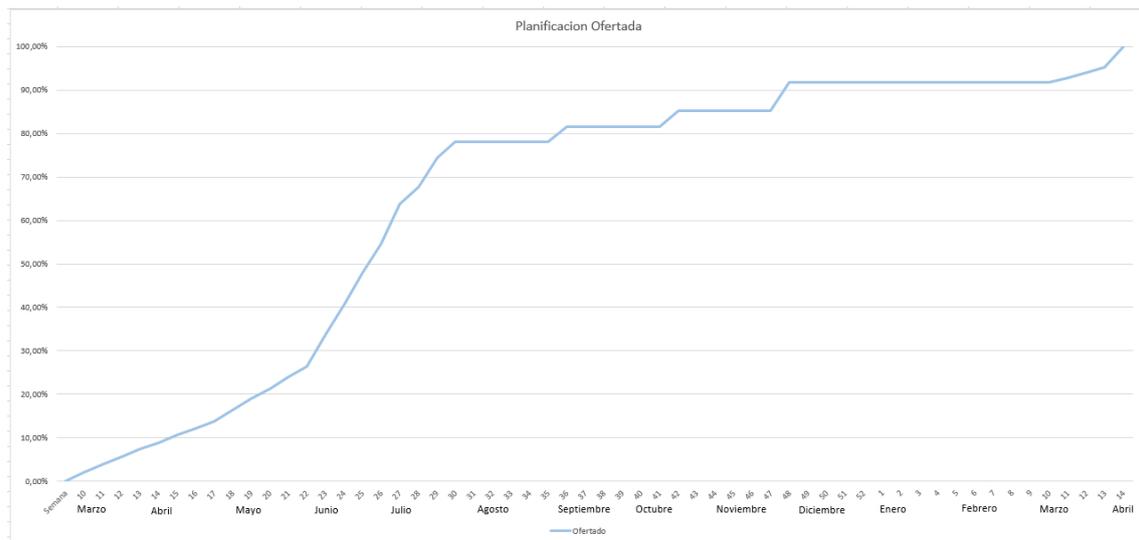


Ilustración 73 – Gráfica planificación ofertada.

6.2- Planificación de Proyecto

En el apartado 4.3 Planificación interna vimos la planificación detalla teniendo en cuenta el momento de la adjudicación del proyecto, con la carga de trabajo de la empresa y los recursos humanos que podemos tener a nuestra disposición en las fechas deseadas.

Al entrar el proyecto 4 semanas más tarde de lo ofertado, lo que hemos tenido que hacer es comprimir las fechas de estudios, para hacer eso hemos tenido que asignar más recursos para poder concluir la tarea en la misma fecha.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1 LANZAMIENTO DE PROYECTO	6 días	lun 01/04/19	lun 08/04/19
2 ESTUDIOS	40 días	lun 08/04/19	vie 07/06/19
3 COMPRAS	53 días	mar 09/04/19	jue 27/06/19
4 FABRICACIÓN	31 días	jue 02/05/19	vie 14/06/19
5 MONTAJE ÚTILES	20 días	lun 03/06/19	vie 28/06/19
6 FABRICACIÓN ELÉCTRICA Y NEUMÁTICA	30 días	jue 06/06/19	mié 17/07/19
7 MONTAJE EN BOSCOTECNO	35 días	lun 10/06/19	vie 26/07/19
8 FABRICACIÓN DE PRESERIES EN BOSCOTECNO	124 días	vie 31/05/19	lun 25/11/19
9 MONTAJE EN CLIENTE	15 días	lun 16/03/20	vie 03/04/20

Ilustración 74 – Tabla planificación proyecto en Microsoft Project.

El desglose de las tareas puede verse en el documento Anexo “3.2_PlanificacionInicialProyceto.mpp”

Gráficamente vemos la comparación entre lo ofertado y la planificación del proyecto finalmente, al perder esas cuatro semanas iniciales, la curva de la fase de estudios sube con mayor pendiente.

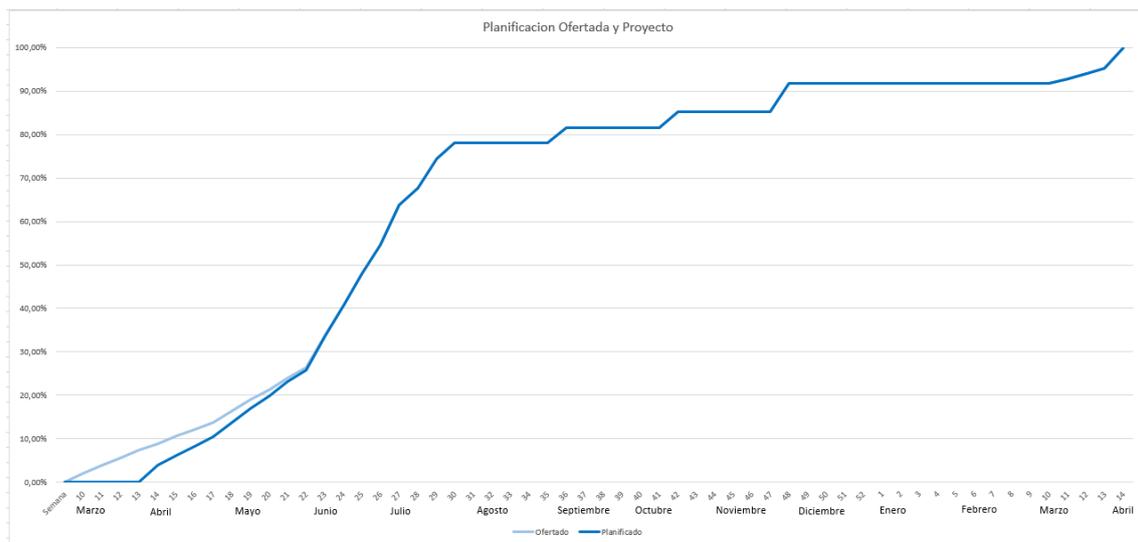


Ilustración 75 – Gráfica planificación oferta y proyecto.

6.3- Tiempos reales tras ejecución

Según se va ejecutando el proyecto vamos actualizando la planificación para tener un control de que tareas han comenzado y cuales han finalizado. De esta forma vemos las desviaciones con lo planificación inicialmente y podemos recalculamos las siguientes tareas para cumplir los plazos y que el proyecto no se nos desajuste y no podamos satisfacer los hitos.

Observamos que solo algunas tareas han sufrido pequeñas variaciones respecto lo planificado:

- 2 ESTUDIOS – 10 días más de duración
- 7 MONTAJE EN BOSCOTECNO – 5 días más de duración

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1 LANZAMIENTO DE PROYECTO	6 días	lun 01/04/19	lun 08/04/19
2 ESTUDIOS	50 días	lun 08/04/19	vie 21/06/19
3 COMPRAS	53 días	mar 09/04/19	jue 27/06/19
4 FABRICACIÓN	31 días	jue 02/05/19	vie 14/06/19
5 MONTAJE ÚTILES	20 días	lun 03/06/19	vie 28/06/19
6 FABRICACIÓN ELÉCTRICA Y NEUMÁTICA	30 días	jue 06/06/19	mié 17/07/19
7 MONTAJE EN BOSCOTECNO	40 días	lun 10/06/19	vie 02/08/19
8 FABRICACIÓN DE PRESERIES EN BOSCOTECNO	124 días	vie 31/05/19	lun 25/11/19
9 MONTAJE EN CLIENTE	15 días	lun 16/03/20	vie 03/04/20

Ilustración 76 – Tabla planificación real en Microsoft Project.

El desglose de las tareas puede verse en el documento Anexo “3.2_PlanificacionInicialReal.mpp”

Gráficamente vemos la comparación entre las tres fases de planificación que hemos tenido, comentaremos esta grafica en el siguiente apartado.

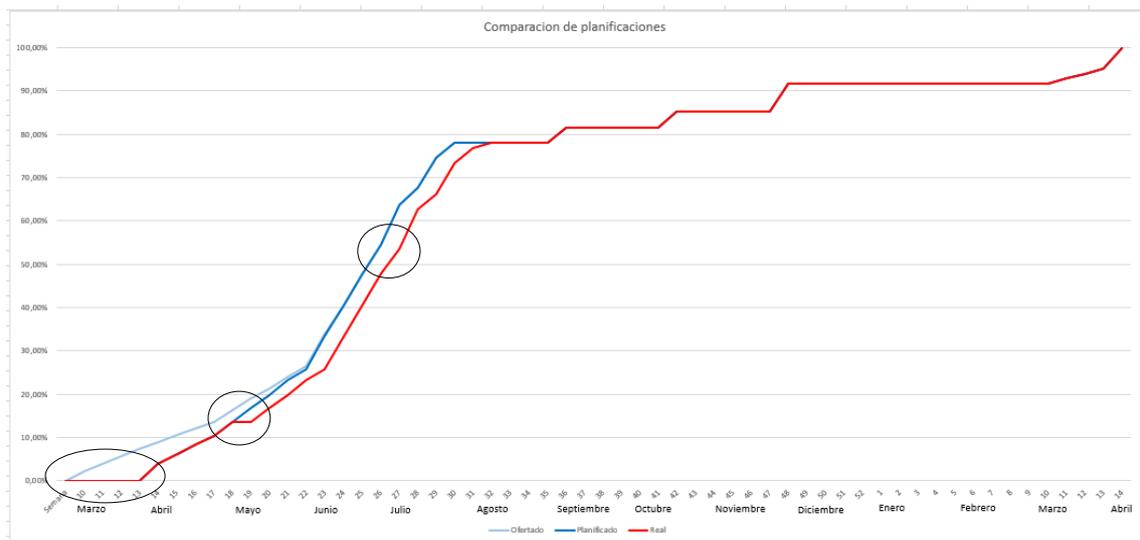


Ilustración 77 – Gráfica planificación ofertada, proyecto y real.



6.4- Planificación conclusiones

Para llegar a una conclusión de planificación vamos a resumir cuales han sido las variaciones desde la primera planificación hasta la realización real.

Las diferencias en planificación han sido:

- Adjudicación del pedido 4 semanas más tarde de lo previsto, que después se ha tenido que absorber en plazo, no se ha podido extender el plazo esas 4 semanas.
- Fase de estudios por falta de experiencia del recurso de diseño mecánico.
- Fase de montaje en Boscotecno por tener que desplazar un recurso de automatismos a otro proyecto durante 1 semana que no estaba planificado.

Como principal conclusión podemos decir que la planificación ofertada, proyecto y real apenas ha tenido variaciones, las claves para ello son:

- Cliente fidelizado, conocemos al cliente porque llevamos muchos años trabajando con ellos, esto reduce los riesgos.
- Experiencia en flexicélulas y diseño de utillajes tanto la empresa como los técnicos y el jefe de proyecto han realizado más proyectos del mismo estilo y complejidad.
- Buena planificación inicial al tener experiencia previa en proyectos similares se hizo una buena planificación desde la oferta y se recalculo una vez adjudicado el proyecto.

Analizando las variaciones en la planificación podemos obtener las siguientes conclusiones para mejorar en futuros proyectos:

- Mala planificación respecto del recurso asignado: La planificación se realizó suponiendo un recurso experto en la parte de diseño mecánico, sin embargo, por factores externos al proyecto finalmente el diseño tuvo que hacerlo otro recurso con menos experiencia y lastro la duración de la tarea en casi 10 días. No se tomaron medidas de forma inmediata ya que sabíamos que teníamos huecos en la planificación que después podíamos absorber.
- Problemas en otros proyectos: al trabajar en un entorno empresarial, lo verdaderamente importante no es únicamente este proyecto, sino el conjunto de todos los proyectos de la empresa y en un momento dado un recurso asignado tuvo que salir del proyecto para atender otras tareas más críticas en otro proyecto, por lo tanto, también sufrimos un retraso en la tarea "7. MONTAJE EN BOSCOTECNO"

Por lo tanto, para planificar un proyecto tenemos que tener en cuenta que habrá factores externos que puedan hacer variar el proyecto y para ello tenemos que tener margen de seguridad en todas las tareas para poder absorber estos problemas.

7. Costes

El concepto de coste en el proyecto es el más importante, ya que la primera regla de toda empresa es ganar dinero para poder perdurar en el tiempo. Además, también hay que cuidar los recursos humanos de la empresa y la fidelización del cliente para seguir teniendo proyectos con este cliente y poder realizarlos de forma solvente con gente experta.

Los parámetros básicos a tener en cuenta en los costes son:

- Curva de costes
- Curva de ingresos
- Curva de financiación



Ilustración 78 – Gráfica curva de costes respecto del tiempo de un proyecto ideal

En este ejemplo tendríamos un proyecto en el que siempre tenemos más ingresos que gastos, por lo tanto, no nos hace falta financiación, además el proyecto acaba teniendo beneficios que es la diferencia entre la curva verde y roja.

También podemos ver en esta grafica que el proyecto tiene 5 hitos de facturación:

- Un 20% al inicio de proyecto.
- Un 20% tras una primera fase de estudios.
- Un 40% en el montaje en blanco.
- Un 10% cuando llevamos la instalación al cliente.
- Un 10% tras la validación final del cliente.

7.1- Coste ofertado

Como ya vimos en el apartado 3.3 Coste económico la oferta se oriente económicamente para poder calcular el coste del proyecto.

Según la experiencia que tenemos en la empresa somos capaces de valorar económicamente el proyecto. Tras dividirlo en diferentes partes y tener la valoración de cada hora de mano de obra de cada departamento de la empresa obtenemos que la cifra de venta del proyecto es de 347.827€ y valorando los gastos en el tiempo obtenemos la siguiente gráfica.

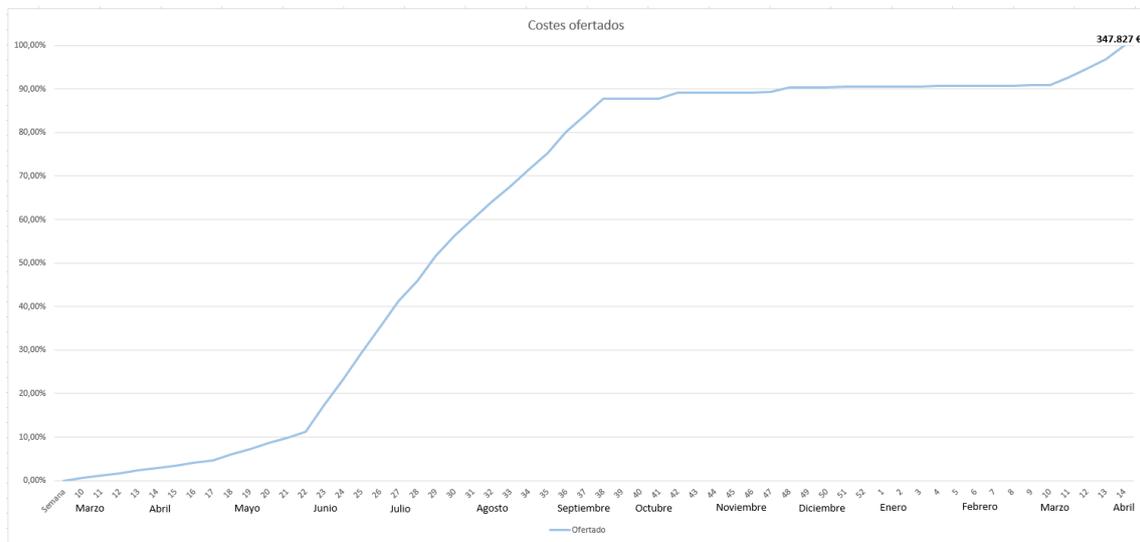


Ilustración 79 – Gráfica costes ofertados.

De esta grafica podemos sacar las conclusiones que tendremos un gran gasto entre junio y octubre, por lo tanto, tendremos que negociar financiación con alguna entidad bancaria ya que sabemos que no tendremos ingresos hasta marzo de 2020 cuando llevemos la instalación a cliente y cobremos el 80% de precio del proyecto.

7.2- Coste teórico de proyecto

Una vez tenemos el pedido recalculamos los costes ofertados para generar una nueva línea de costes teóricos que se ajustan al momento exacto de inicio del pedido que es 4 semanas más tarde de los ofertados.

Por otro lado, tras la primera reunión de lanzamiento de proyecto y entrega de la documentación de partida consideramos y hacemos una estima de costes de materiales menores a los ofertados y estimamos que podemos recortar unos 18.000€ respecto de los ofertados, lo que se traduciría en beneficio neto del proyecto.

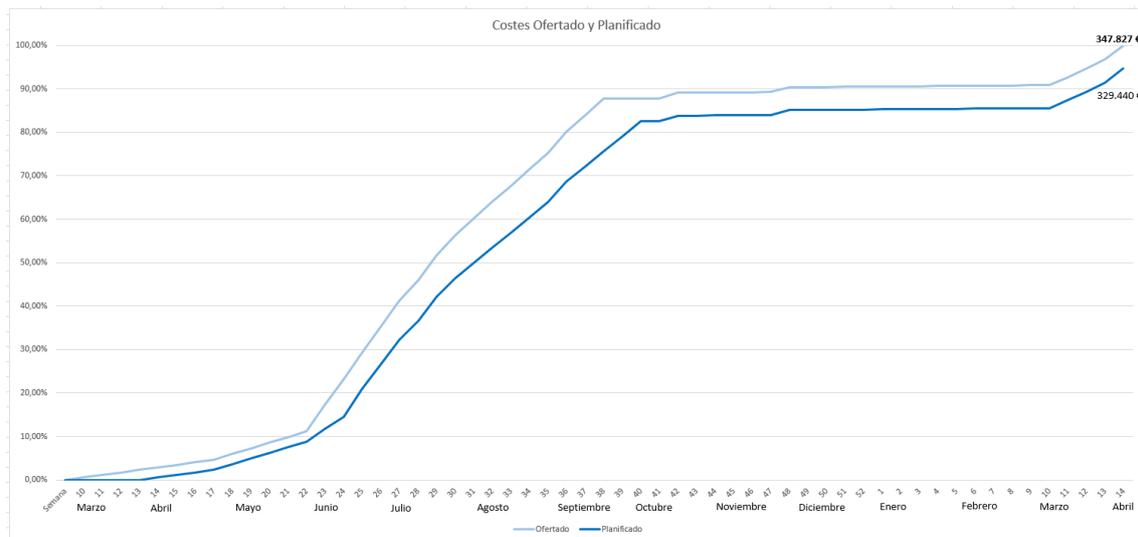


Ilustración 80 – Gráfica comparación de costes, ofertado, planificado.

Con nuestra re planificación de costes calculamos que el proyecto nos costara 329.440€ en interno.

7.3- Costes real

Mediante el software de gestión en la empresa vamos registrando semana a semana el coste real del proyecto gracias a los partes de trabajo de todos los departamentos insertados en el sistema y con las facturas de proveedores de material.

Con esos datos podemos obtener la curva final de costes reales del proyecto.

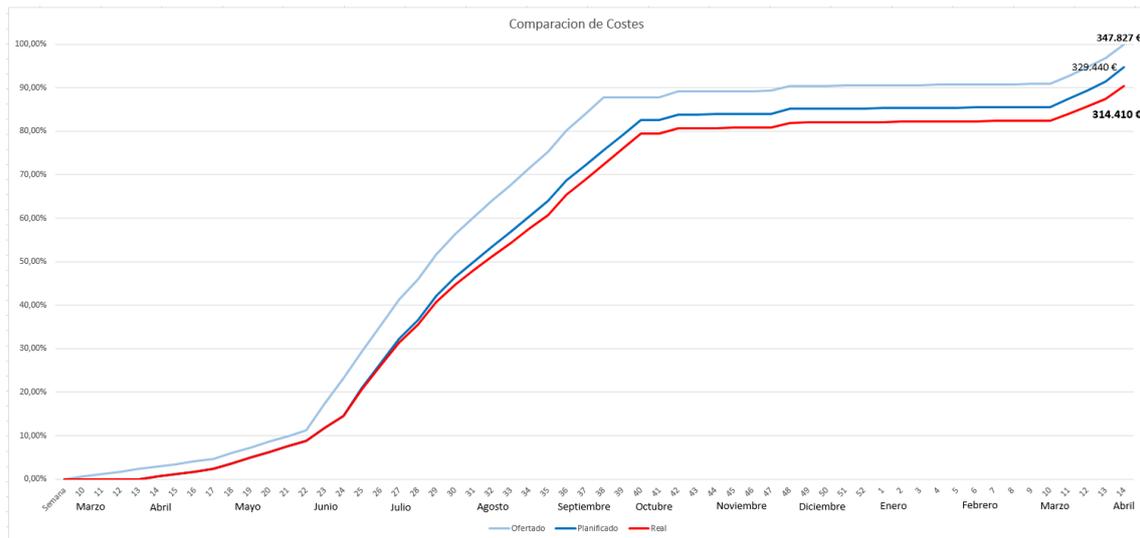


Ilustración 81 – Gráfica comparación de costes, ofertado, planificado, real.

Podemos observar que la curva de gastos se ajusta perfectamente a lo planificado, incluso la mejoramos gracias a la estrategia de compras que nos permite abaratarlas hasta un 7% respecto de las primeras ofertas recibidas.

Finalmente vemos que el coste real del proyecto ha sido 314.410 €, con lo que hemos conseguido un beneficio de 33.416 €, lo que supone un beneficio de un 9,6%.



7.4- Costes conclusiones

Lo más importante en cuestión de costes es que un proyecto sea rentable y para ello el coste ofertado debe ser superior al coste real.

Como vemos en este proyecto el coste ofertado es superior al coste teórico del proyecto lo que indica que la persona que realizó la oferta dejó reservas en las partes del proyecto donde tenía dudas o no se concretaba al 100% el coste. Y luego también el coste teórico del proyecto es superior al coste real, eso es porque el jefe de proyecto también dejó reservas o no quiso hacer esfuerzo en planificación de costes que después sí consiguió en negociando con los distribuidores de material.

El resultado final del proyecto es que ha sido rentable para la empresa y eso se consigue gracias a varios puntos:

- Experiencia con el cliente.
- Experiencia con el producto.
- Experiencia del equipo técnico.
- Planificación realista, consensuada y realizable.
- Estrategia de compras.

El problema que tienen este tipo de proyectos es la forma de pago, que condiciona a la empresa a financiar por completo todo el proyecto, lo que hace que durante todo el proyecto vayamos perdiendo dinero hasta el último momento, el momento de la validación final de la instalación, en ese momento el cliente libera el pago y es cuando todo el esfuerzo cobra sentido y se ve el beneficio del proyecto de forma económica.

En la siguiente grafica podemos ver la curva de financiación frente a los costes e ingresos reales:

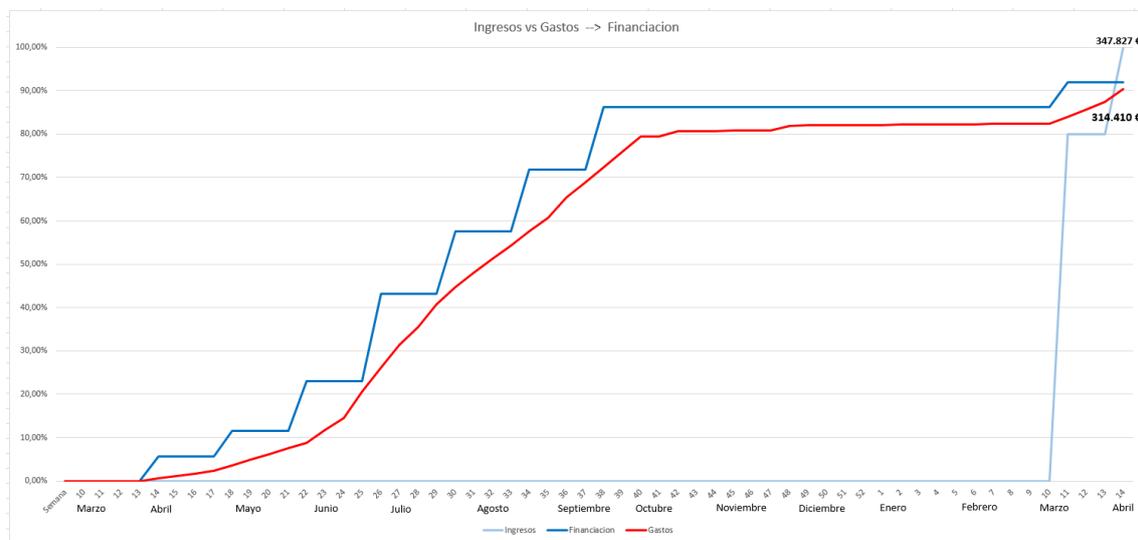


Ilustración 82 – Gráfica comparación de ingresos frente a gastos, lo que implica financiación.

La financiación necesaria la hemos planificado de forma mensual, necesitando los siguientes créditos:

- Marzo año 2019: 20.000€.
- Abril año 2019: 20.000€.
- Mayo año 2019: 40.000€.
- Junio año 2019: 70.000€.
- Julio año 2019: 50.000€.
- Agosto año 2019: 50.000€.
- Septiembre año 2019: 50.000€.
- Marzo año 2020: 20.000€.

En total hemos tenido que financiar el coste completo del proyecto, 320.000 € aproximadamente.

Y tenemos como resumen que el proyecto ha tenido un **beneficio** de aproximadamente el **10%**, lo que supone unos 33.000€ de beneficio neto para la empresa.

8. Conclusiones

Lo fundamental de todo trabajo es conseguir los objetivos y en este proyecto teníamos principalmente dos objetivos, adquirir las capacidades de una buena gestión de proyecto y por otro lado el conocimiento de todas las competencias técnicas que intervienen en un proyecto de soldadura robotizada para la automoción.

Las conclusiones para alcanzar el éxito desde el punto de vista de la **gestión del proyecto** son:

- Conocimiento del cliente y del producto, es imprescindible fidelizar el cliente para tener un gran conocimiento del mismo.
- Dividir el trabajo en acciones medibles con una planificación realista, consensuada y realizable.
- Contar con un equipo humano con experiencia técnica para la realización del proyecto sin muchas variaciones de lo planificado y consensuado.
- Correcta planificación de costes, conociendo las formas de pago y así poder calcular la financiación necesaria.
- Márgenes o reservas en la planificación y costes para poder absorber pequeñas desviaciones.

Las conclusiones para alcanzar el éxito desde el punto de vista del **desarrollo técnico del proyecto** son:

- En todas las competencias técnicas la experiencia con el cliente, en el producto y conocimiento del estándar es fundamental.
- Dividir las tareas en acciones medibles para poder tener un correcto seguimiento de las mismas.
- En este tipo de proyectos que son multidisciplinarios el trabajo en equipo y la buena sintonía entre todos los miembros es fundamental.

Tenemos experiencias previas en los primeros proyectos con este cliente y la planificación, los costes y la afectación a los recursos humanos de la empresa fueron muy diferentes por el desconocimiento del cliente, del producto y el estándar, por eso queremos recalcar que la **fidelización del cliente** y mantener los **recursos humanos** en el tiempo son las claves del éxito en este tipo de proyectos. Las empresas que se dedican a este tipo de proyectos son meras gestoras del talento de sus trabajadores.

Por todas estas conclusiones se consideran alcanzados los objetivos de este trabajo final de master, ya que hemos trabajado en todas las disciplinas de la Ingeniería Industrial que es uno de los objetivos del Master, convertir a los titulados en Ingenieros completos.

8.1- Retorno de experiencia

Gracias a este proyecto hemos aprendido y no debemos olvidar para futuros proyectos las siguientes cosas:

- Hay que prestar especial atención a una buena planificación de tiempos y costes inicial, consensado con los técnicos, realista y realizable.
- Conocer el cliente es muy importante para no tener sorpresas inesperadas en el proyecto, por ello hay que cuidar el cliente para su completa satisfacción para poder seguir trabajando con él y fidelizarlo.
- El conocimiento del producto, ello nos permite realizar una buena planificación inicial, de esa forma siempre tendremos controlado el proyecto, si no tenemos experiencia en el producto que vendemos posiblemente tendremos eventos inesperados que repercutirá negativamente en el coste del proyecto además del sufrimiento de los recursos humanos de la empresa.
- Hay que cuidar los recursos humanos de la empresa, no olvidemos que este tipo de empresas no tienen mayor valor que la gestión de talento de sus trabajadores, sin ellos perdemos la gran parte de la experiencia.

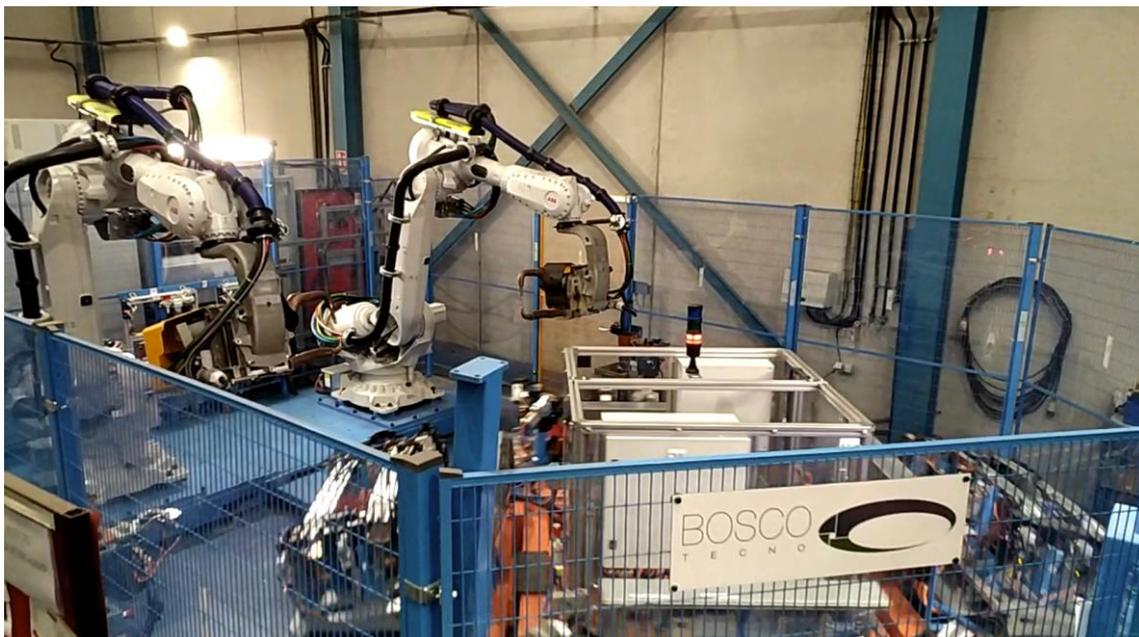


Ilustración 83 – Foto instalación fabricando pre-series en el montaje en Boscotecno.



8.2.- Ventajas y desventajas de una Flexicélula

El concepto de flexicélulas que tiene este cliente es un concepto que tiene desarrollado para fabricar casi cualquier pieza de automoción por unión mediante soldadura robotizada.

Como ya hemos visto una flexicélula se compone de una instalación cerrada, con una puerta para que pueda entrar mantenimiento, una cortina con barreras inmateriales de seguridad para que pueda entrar el operario a cargar las piezas, una mesa de cuatro posiciones y dos robots para soldar las piezas.

Ventajas de una Flexicélula

Las ventajas que el cliente obtiene con estas instalaciones son fundamentalmente cuatro:

- Conocimientos de todas las partes implicadas en los proyectos, producción y mantenimiento de las instalaciones. Desde los Jefes de proyectos, los integradores, el personal de mantenimiento y los operarios minimizando costes en formaciones y minimando costes de los proyectos con los integradores al conocer perfectamente las flexicélulas.
- Para el departamento de mantenimiento a la hora de tener recambios de material para miniar los tiempos de averías.
- Facilidad de gestionar la producción al poder producir cualquier tipo de piezas en todas las instalaciones simplemente cambiando los útiles y cargando las copias de seguridad de los robots correspondientes. Pueden gestionar fácilmente los altibajos de la producción de los productos.
- Reutilización de la instalación para la fabricación de otras piezas según vayan quedando obsoletas las piezas para las que fueron diseñadas inicialmente, simplemente cambiando el utillaje.

Desventajas de una Flexicélula

La única desventaja que estas instalaciones tiene es que posiblemente existan piezas sencillas que podrían fabricarse con instalaciones más pequeñas, con un solo robot, mesa de giro de solo de dos posiciones, entonces el coste de una instalación de este tipo para piezas sencillas es alto. Pero se compensa con las ventajas que tiene, y es que se pueden fabricar hasta 4 tipos de piezas a la vez teniendo útiles diferentes en cada posición de mesa además de ser instalaciones versátiles en las que se pueden desmontar los útiles de esas piezas sencillas y montar otros útiles de piezas más complejas.

8.3.- Ventajas cero vehículo

Este cliente referencia todas sus piezas respecto el “cero vehículo”, que significa esto y qué ventajas tiene. De esta forma puedes tener todos los puntos de soldadura referenciados a un mismo punto del espacio, el cero vehículo. Entonces extrayendo los programas de los robots de soldadura es fácilmente medible la diferencia entre el valor real y el teórico.

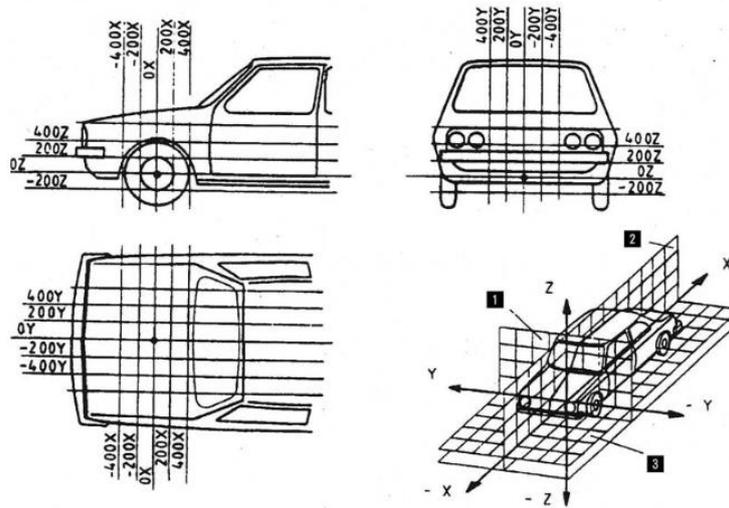


Ilustración 84 – Imagen croquis eje cero vehículo. . – Fuente Bibliografía [4].

Esto también se realiza para poder hacer un estudio de las inercias de cada pieza, sabiendo su posición desde el eje de referencia del vehículo se puede saber que inercias tendrá la pieza. Puede verse la forma de cálculo en la siguiente web: <https://www.car-engineer.com/vehicle-inertia-calculation-tool/>

Captura en CATIA de la pieza Gouttiere R respecto del cero vehículo.



Ilustración 85 – Imagen 3D de una pieza referenciada desde el cero vehículo.



Bibliografía

- [1] GOIZPER - Mesas de giro flexible ZPGI <<https://www.goizper.com/es/industrial/unidades-de-giro-servo-y-mecanicas/zpgi---mesas-de-giro-flexible>> [Consulta: 03 mayo 2020].
- [2] ABB - Technical data for the IRB 6700 industrial robot <<https://new.abb.com/products/robotics/es/robots-industriales/irb-6700/irb-6700-data-sheet>> [Consulta: 07 abril 2020].
- [3] CAR – Seat Toledo 3D MAX Model for 3D Studio Max <<https://designscad.com/downloads/car-seat-toledo-3d-max-model-3d-studio-max>> [Consulta: 12 junio 2020].
- [4] VOLKSWAGEN - Reference Point System - RPS (1996). <<http://www.delta-mold.com/FTP/VOLKSWAGEN%20reference%20point%20system.pdf>> [Consulta: 12 junio 2020].
- [5] MANUMAG - Single-Phase isolation Transformers 400V / 230Vac <<https://www.manumag.com/en/productos/single-phase-isolation-transformers-400v-230vac>> [Consulta: 03 septiembre 2020].
- [6] SIEMENS - Catalog 6EP3437-8MB00-2CY0 <<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6EP3437-8MB00-2CY0>> [Consulta: 20 septiembre 2020].
- [7] SMC EX245-SPN1 si unit, profinet, SERIAL TRANSMISSION SYSTEM <<https://www.smc pneumatics.com/EX245-SPN1.html>> [Consulta: 23 abril 2020].
- [8] SMC PF2W740-F04-67N digital flow sw, integ sensor, IFW/PFW FLOW SWITCH <<https://www.smc pneumatics.com/PF2W740-F04-67N.html>> [Consulta: 23 abril 2020].
- [9] SICAR - Introduction SICAR Standard Manual <https://novedadesautomatizacion.com/wp-content/uploads/wpforo/default_attachments/1511555254-10Introduction-SICAR.pdf> [Consulta: 17 junio 2020].
- [10] EUCHNER - Multifunctional Gate Box MGB-AP <<https://www.euchner.de/es-es/Productos/Multifunctional-Gate-Box-MGB/Multifunctional-Gate-Box-MGB-AP>> [Consulta: 19 junio 2020].
- [11] ABB - RobotStudio <<https://new.abb.com/products/robotics/es/robotstudio>> [Consulta: 23 octubre 2020].
- [12] ARO - 3G Modular Robotic Welding Guns <<https://www.arotechnologies.com/sv-SE/529/3g-modular-robotic-welding-guns>> [Consulta: 07 agosto 2020].
- [13] BOSCH - MF-System - PSI 6000 The integrated system for perfect resistance welding <https://www.lsa-control.com/pub/media/attach/pdf/Welding/Mf-System/Welding_PS6000.pdf> [Consulta: 20 mayo 2020].



[14] SIC MARKING - e10 r-i63s scribing Marking head <<https://www.sic-marking.com/e10-r-i63s-scribing-marking-head>> [Consulta: 06 junio 2020].

[15] DEKRA. Mercado CE. <<https://www.mercado-ce.com/acerca-del-mercado-ce/que-es-mercado-ce.html>> [Consulta: 13 octubre 2020].

[16] RPS - Reference Point System - RPS - VW 010 55
<<https://www.yumpu.com/en/document/read/17606116/reference-point-system-rps-vw-010-55>> [Consulta: 04 julio 2020].

[17] CATIA - El gran libro de CATIA – Eduardo Torrecilla Insagurbe - Marcombo ediciones técnicas – <<https://www.marcombo.com/el-gran-libro-de-catia-3a-ed-9788426726513>> [Consulta: 15 mayo 2020].

[18] BOSCOTECNO – Pagina web <<http://www.boscotecno.es/index.php/es>> [Consulta: 15 octubre 2020].

[19] GESTAMP – Pagina web <<https://www.gestamp.com/es/home>> [Consulta: 15 octubre 2020].

Anexos

Para la completa comprensión de este trabajo se adjuntan una serie de documentos anexos que complementan o confirman lo dicho en cada apartado.

Dichos documentos también pueden encontrarse en el siguiente link durante todo el año 2021, después serán borrados.

http://boscotecno.es/TFM_ASM/Anexos.zip

Nombre	Estado	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
2._CuadernoDeCargas.pdf	✔	03/04/2019 13:41	Adobe Acrobat Document	3.528 KB
3._OfertaDelProveedor.pdf	✔	05/10/2020 10:44	Adobe Acrobat Document	2.908 KB
3.2_PlanificacionInicial.mpp	✔	29/10/2020 1:49	Documento de Microsoft Project	571 KB
5.1.1_Diseño3DInstalacion.3dxml	✔	28/06/2019 15:16	Dassault Systemes 3D XML File	14.927 KB
5.1.2_Diseño3DUillajeST1yST2.3dxml	✔	30/05/2019 11:42	Dassault Systemes 3D XML File	30.150 KB
5.1.2_Diseño3DUillajeST3yST4.3dxml	✔	29/05/2019 12:12	Dassault Systemes 3D XML File	8.144 KB
5.2_EsquemaElectrico1Instalacion.pdf	✔	06/06/2019 10:07	Adobe Acrobat Document	17.879 KB
5.2_EsquemaElectrico2ConmutadorMarcadoras.pdf	✔	13/06/2019 10:38	Adobe Acrobat Document	1.243 KB
5.2_EsquemaElectricoST1.pdf	✔	11/06/2019 12:23	Adobe Acrobat Document	1.044 KB
5.2_EsquemaElectricoST2.pdf	✔	11/06/2019 13:22	Adobe Acrobat Document	1.044 KB
5.2_EsquemaElectricoST3.pdf	✔	11/06/2019 12:17	Adobe Acrobat Document	1.262 KB
5.2_EsquemaElectricoST4.pdf	✔	11/06/2019 12:18	Adobe Acrobat Document	1.262 KB
5.3_EsquemaNeumaticosST1.pdf	✔	19/06/2019 8:48	Adobe Acrobat Document	1.107 KB
5.3_EsquemaNeumaticosST2.pdf	✔	19/06/2019 8:46	Adobe Acrobat Document	1.107 KB
5.3_EsquemaNeumaticosST3.pdf	✔	19/06/2019 9:07	Adobe Acrobat Document	1.682 KB
5.3_EsquemaNeumaticosST4.pdf	✔	19/06/2019 8:58	Adobe Acrobat Document	1.682 KB
5.5_ProgramaPLC.zip	✔	10/05/2019 15:02	Carpeta comprimida (en zip)	87.742 KB
5.6_ProgramaRobotR1.zip	✔	29/10/2020 11:37	Carpeta comprimida (en zip)	102 KB
5.6_ProgramaRobotR2.zip	✔	29/10/2020 11:37	Carpeta comprimida (en zip)	102 KB
5.13_AnalisisDeRiesgos.pdf	✔	11/07/2019 13:48	Adobe Acrobat Document	1.030 KB
5.13_ManualDelInstrucciones.docx	✔	11/08/2020 10:23	Documento de Microsoft Word	9.168 KB

Ilustración 86 – Imagen listado de documentos anexos a este proyecto