



Universidad de Oviedo

Memoria del Trabajo Fin de Máster realizado por

PABLO GONZÁLEZ ÁLVAREZ

para la obtención del título de

Máster en Ingeniería de Automatización e Informática Industrial

**AUTOMATIZACIÓN DE UNA CÉLULA DE
FABRICACIÓN DEL SUBCHASIS TRASERO DE
AUTOMÓVILES**

JUNIO de 2017

Agradecimientos

A mis padres, ya que sin su apoyo en cada momento de mi vida como estudiante no podría estar donde estoy en estos momentos, y nunca dudaron de que podría llegar hasta aquí.

A mi hermana, que al abrir el camino sabía proporcionarme consejos en aquellos momentos que más lo necesitaba y que siempre estaba dispuesta a que viera el vaso medio lleno.

A Noelia, ya que ha sido otro gran apoyo durante la temporada de realización de este trabajo.

A Felipe Mateos por su dedicación, tanto a lo que se refiere al máster, como a nivel personal con los alumnos, ayudando en todos aquellos aspectos educativos que le es posible e incluso ayudando a muchos de nosotros a comenzar nuestra vida profesional.

Al máster MAIIND, ya que me proporcionó los conocimientos necesarios que buscaba para mi futuro profesional poder dedicarme a lo que más me gusta. Además de convivir con personas siempre dispuestas a ayudar, tanto profesores como compañeros y que hicieron que el duro año de trabajo se hiciera más ameno.

A la empresa ISASTUR por permitirme realizar tanto las prácticas en una empresa del holding, en un departamento estrechamente ligado a mi profesión, con proyectos reales de los que pude aprender infinidad de cosas. Siempre contando conmigo todas las personas del departamento para ayudarles en lo que pudiese y finalmente, contando conmigo para comenzar mi carrera profesional en la empresa.

TABLA DE CONTENIDO

1.- RESUMEN	1
2.- INTRODUCCIÓN	2
2.1.- IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
2.2.- MOTIVACIÓN.....	2
2.3.- METODOLOGÍA DE TRABAJO	3
2.4.- TRABAJO FUTURO	3
2.5.- ESQUEMA DEL DOCUMENTO	4
2.6.- DOCUMENTOS REFERENCIADOS	5
2.6.1.- <i>Documentos del Proyecto</i>	5
2.6.2.- <i>Documentos Externos</i>	5
3.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
3.1.- ISOTRON (ISASTUR)	7
3.1.1.- <i>Descripción de la Empresa ISASTUR</i>	7
3.1.2.- <i>Descripción de la Empresa ISOTRON</i>	8
3.1.3.- <i>Departamento de Automatización y Comunicaciones</i>	9
3.2.- DESCRIPCIÓN GENERAL	9
3.2.1.- <i>Elementos Comunes de la Instalación</i>	12
3.2.2.- <i>Seguridad de las Células</i>	17
3.3.- ESTACIÓN OP600.....	19
3.3.1.- <i>Descripción General</i>	19
3.3.2.- <i>Descripción de los Componentes</i>	21
4.- OBJETIVOS	30
4.1.- ANÁLISIS Y PROGRAMACIÓN DE LOS MODOS DE FUNCIONAMIENTO Y SECUENCIAS	30
4.2.- ANÁLISIS Y CONFIGURACIÓN DE LA RED PROFINET.....	30
4.3.- DESARROLLO DE LA SEGURIDAD DE LA ESTACIÓN	31
4.4.- ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL HMI	31
5.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	32
5.1.- DISCUSIÓN DEL MÉTODO Y LOS RESULTADOS	32
5.2.- CONCLUSIONES	33

1.- Resumen

Este trabajo está comprendido dentro del área de proyectos del departamento de Automatización y Comunicaciones de la empresa ISOTRON, perteneciente al holding ISASTUR. Es un proyecto basado totalmente en la programación de software de automatización basándose en el funcionamiento buscado de los elementos y la documentación proporcionada por el cliente.

El proyecto está involucrado en el sector del automóvil, siendo el cliente una empresa especializada en trabajos automáticos de soldadura y encargada de suministrar piezas a una conocida marca de automóviles. En el proyecto participan varias empresas subcontratadas, entre ellas una encargada del montaje mecánico, otra encargada de la programación de los robots soldadores y manipuladores e ISOTRON, encargada de realizar la programación de los PLCs de las distintas estaciones, así como la programación de la seguridad y la realización de las pantallas HMI utilizadas por los operarios.

En la instalación se contemplan 15 estaciones, a través de las cuales van avanzando las piezas, y mediante procesos de soldadura se van uniendo, formando como elemento final el subchasis trasero del coche. Cada estación está formada, al menos, por un PLC de control de Omron, un grupo de PLC's de seguridad PLUTO de ABB y un HMI de Omron. Todas las partes de cada estación se comunican utilizando una red PROFINET.

Durante la ejecución del proyecto se necesitará analizar el funcionamiento de distintos elementos de la instalación como conveyors (un tipo de cinta transportadora), punzonadoras, robots manipuladores, robots soldadores, marcadora... Con el fin de poder programar el funcionamiento automático final de las estaciones. La mayor parte de los accionadores de los que dispone la planta son de tipo neumático manejados mediante electroválvulas controladas con el PLC, sin embargo, también se dispone de elementos hidráulicos y mecánicos cuyo control también es necesario.

El proyecto se centra en el desarrollo de la estación OP600, ya que es la última y en la que se ha participado de forma más activa, sin embargo, se han realizado trabajos puntuales en todas las estaciones, en función de la carga de trabajo en cada momento.

2.- Introducción

Este documento está formado por el conjunto de partes que describen el proyecto basado en la programación de una estación de una planta de soldadura encargada de fabricar el subchasis trasero de un coche.

Este trabajo está desarrollado dentro del proyecto realizado por la empresa ISASTUR para una empresa de soldadura. En este proyecto ISASTUR se encarga de la programación de la planta completa, compuesta de 15 estaciones, siendo parte de este trabajo realizar una estación mayoritariamente, así como ayudar en los distintos problemas que puedan surgir durante la puesta en marcha del resto de estaciones.

2.1.- IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Título: **Automatización de una Célula de Fabricación del Subchasis Trasero de un Automóvil**

Autor: **Pablo González Álvarez**

Tutor Académico: **Antonio Robles Álvarez**

Empresa: **ISOTRON S.A. (ISASTUR).**

Fecha de Presentación: **Mayo – Junio 2017**

2.2.- MOTIVACIÓN

La motivación para la realización de este proyecto surgió principalmente de la propuesta realizada a ISASTUR para poder realizar la asignatura de prácticas de empresa y el trabajo fin de máster en la empresa, ya que es una ingeniería con gran experiencia en el campo de la automatización de procesos industriales. Este es un campo con una gran extensión, en el que se pueden realizar tanto tareas sencillas, como podrían ser ciertas labores de reparación o migración de PLC's, como tareas con un alto grado de complicación, como en el caso de este trabajo, ya que se trata de la programación de toda una planta industrial con gran cantidad de elementos controlables.

La mayor desventaja surgió de la falta inicial de conocimiento sobre el estándar de programación utilizado en esta industria del automóvil, así como realizar la programación sin poder ejecutar el programa sobre la estación.

2.3.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

El grupo de personas encargado de desarrollar el proyecto involucra como actores principales a 1 jefe de proyecto, 2 técnicos de automatización y 1 ingeniero en formación. El desarrollo inicial se ha realizado en la oficina y, en el momento en el que se completó parte del montaje mecánico, se desplazaron los 2 técnicos de automatización de forma permanente a Barcelona para comenzar la puesta en marcha. El jefe de proyecto, encargado de coordinar las distintas partes y gestionar el proyecto, realizaba trabajo tanto en la oficina como en Barcelona y el ingeniero en formación, únicamente realizaba trabajo de oficina, por no disponer de permisos para poder desplazarse a obra.

En Barcelona no se disponía de libertad total para la realización de los trabajos, ya que se convivía con técnicos y operarios de otras empresas trabajando de forma simultánea, además de no disponer de todos los componentes de la instalación, sino que se colocaban de forma escalonada, por lo que era necesario una gran organización para poder llevar a cabo los trabajos.

En la memoria se describen ciertas partes del trabajo que no son completamente autoría del proyectante pero, el hecho de trabajar en conjunto, hace que sea imprescindible recoger dicho trabajo en la memoria, ya que la totalidad del trabajo está interconectado y precisa que todas sus partes sean explicadas.

2.4.- TRABAJO FUTURO

Para el desarrollo de un trabajo futuro se puede destacar en primer lugar el estudio acerca de la sustitución del software actual, basado en secuencias pero programado en Ladder (LD), por un software programado en SFC, especialmente diseñado para la programación de comportamientos secuenciales de las máquinas. No se ha podido realizar de esta forma desde el principio ya que el cliente insistía en modificar el código lo menor posible para evitar tener que instruir en un nuevo sistema a los operarios de mantenimiento.

Como trabajo futuro, también existe la posibilidad de poder desplazarse personalmente a la planta con el fin de conocer el lugar de trabajo, los elementos físicos y realizar las pruebas de programación pertinentes. No ha sido posible durante las tareas de programación debido a que el máximo de técnicos desplazados permitidos por el cliente era de 2, y estos disponían de gran experiencia en el sector.

2.5.- ESQUEMA DEL DOCUMENTO

En esta sección se explica la organización del documento, buscando una estructura sencilla que intenta facilitar tanto la lectura como la comprensión de los aspectos teóricos y técnicos y la solución adoptada.

En un primer apartado, denominado “Descripción del proyecto” se describen los aspectos más importantes del proyecto realizado y que representan los conceptos básicos necesarios para entender el conjunto completo. En este apartado se describe inicialmente el motivo de realización de este proyecto gracias a la propuesta del grupo empresarial ISASTUR para realizar este proyecto en la empresa ISOTRON. A continuación, se otorga una visión global del conjunto del proyecto, proporcionando información de la dimensión del proyecto completo desarrollado por la empresa. Por último, se describe con mayor detalle los aspectos relativos concretos de este proyecto dentro del gran proyecto de desarrollo. Proporcionando mayor cantidad de datos en relación a lo visto en este proyecto.

En el segundo apartado, “Objetivos”, se hace una descripción de manera ordenada de cada uno de los objetivos propuestos en el desarrollo de este proyecto, compuesto principalmente por 4 objetivos principales para completar el proyecto.

A continuación, en el apartado “Discusión y conclusiones” primero se realiza una discusión del método utilizado, así como de los resultados esperados. Finalmente se establece un apartado de conclusiones donde se valorará cada uno de los puntos principales realizados.

En los documentos adjuntos se añade información más detallada de todos los aspectos relacionados con el proyecto, como la programación, visualización, planificación y presupuesto, entre otros aspectos.

2.6.- DOCUMENTOS REFERENCIADOS

En este apartado se describen los documentos que forman parte de la documentación general de este proyecto, así como aquellos documentos que forman parte de la documentación previa al proyecto, empleada para su realización.

2.6.1.- Documentos del Proyecto

Los documentos adjuntos que forman parte de este proyecto y a los cuales se hace referencia son los siguientes:

- Manual de programador PLC
- Manual de Usuario del HMI
- Planificación y Presupuesto

2.6.2.- Documentos Externos

Los documentos externos previos a la realización del proyecto y proporcionados por la empresa cliente con el fin de llevar a cabo el trabajo fueron los siguientes:

- Documentos de estándares de la empresa cliente

-  NPI ES 200 - Pneumatic Specification
-  NPI ES 300 - Cell Guarding and Extraction Specification
-  NPI ES 700 - PLC, Network and Robot Specification
-  NPI ES 800 - Controls Specification
-  NPI ES 900 - Part Detection and Sensing Specification
-  NPI ES 1000 - Traceability and in-line gauging Specification
-  NPI ES 1600 - Electrical Installation Specification
-  NPI ES 1900 - Preferred Equipment List
-  NPI ES 2000 - Air Installation Specification

- Layout de la planta completa con todos los componentes: Layout_D8_Rear.pdf
- Planos eléctricos EPLAN P8 de las diferentes estaciones:
 - o 31096_OP600.pdf
 - o R680_20161003.pdf
 - o R685_20161003.pdf
 - o R690_20161003.pdf

- OB1757 ACU-005 – 500_600.pdf
 - OB1757 ACU-006 – 500_600.pdf
 - 31096_OP640.pdf
 - 31096_OP600_GATEMAPVISION.pdf
 - Piercing machine D8 Rear Subframe M1_electric diagram.pdf
 - Piercing machine D8 Rear Subframe M2_electric diagram.pdf
- Documentos descriptivos de la secuencia a seguir por las punzonadoras, así como las direcciones de memoria y direcciones IP a utilizar en su configuración:
- Piercing machine D8 Rear Subframe M1_piercing sequence.pdf
 - Piercing machine D8 Rear Subframe M2_piercing sequence.pdf
 - PROFINET SETUP D8 Rear and SpaFront2 (addresses).doc

3.- Descripción del proyecto

En esta sección se describirán los aspectos previos a la realización del proyecto, como elementos de los que dispone la planta, funcionamiento buscado y objetivos de producción de la célula de fabricación. Además, se describe brevemente la empresa en la que se ha realizado con el fin de entender el tipo de proyectos que desarrolla.

3.1.- ISOTRON (ISASTUR)

El proyecto descrito en este documento surge debido a la posibilidad de realizar las prácticas en la empresa ISOTRON, dando la oportunidad de participar en uno de los proyectos llevados a cabo por la empresa con el fin de realizar el trabajo fin de máster. Esta oportunidad brindó la oportunidad de trabajar en un gran proyecto de automatización en una empresa líder en Asturias en este campo.

3.1.1.- Descripción de la Empresa ISASTUR

ISASTUR es un holding de empresas fundado en 1978 por un grupo de empresarios asturianos. Con el paso de los años ha ido creciendo expandiéndose por España principalmente, pero con presencia en países de Europa, África, Asia y América. Hoy en día es un grupo de empresas especializadas en la creación de infraestructuras relacionadas, de forma mayoritaria, con el sector de la energía.

Actualmente, el holding ISASTUR está formado por 7 empresas principales. ISASTUR S.A. es la empresa que proporciona los servicios comunes al resto, como son administración, prevención de riesgos, recursos humanos... La empresa más grande del grupo es ISOTRON, con casi 500 trabajadores, se encarga del montaje y puesta en marcha de instalaciones industriales por todo el mundo. ASAS sigue la misma filosofía, pero más enfocada al sector del automóvil. El área de INGENIERÍA se encarga de realizar todos los diseños eléctricos de las instalaciones que se ponen en marcha. BABCOCK MONTAJES es la empresa del grupo encargada de realizar montajes mecánicos industriales. PROCINSA está orientada a la realización de proyectos basados en las energías renovables y MANTOTAL es una empresa que proporciona mantenimiento a las distintas infraestructuras del grupo, así como a cualquier empresa que solicite sus servicios. La mayoría de ellas realizan trabajos de todos

los sectores, pero principalmente están enfocada a la puesta en marcha y mantenimiento en el sector industrial, así como el sector energético.

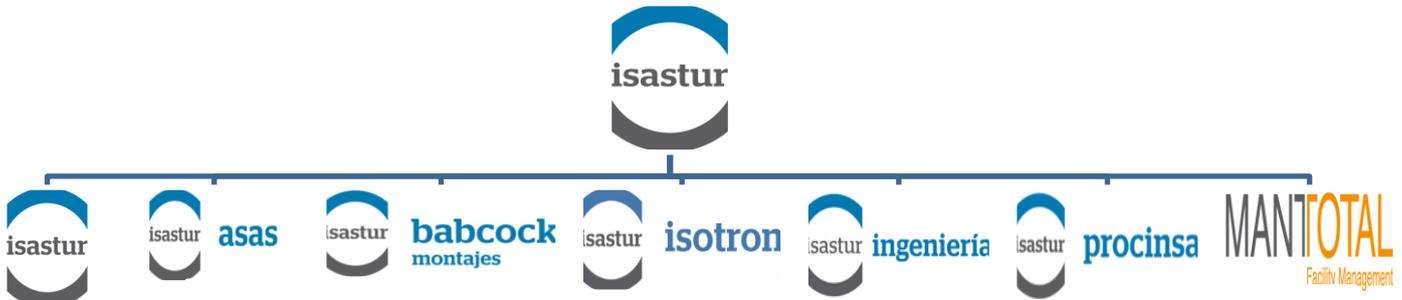


Figura 1: Descripción del conjunto de empresas que componen el holding ISASTUR.

3.1.2.- Descripción de la Empresa ISOTRON

ISOTRON fue constituida en 1989, con el objetivo de realizar ingeniería, fabricación, montaje, puesta en marcha y mantenimiento de instalaciones eléctricas y de instrumentación, regulación y control. Desde su inicio, ha tenido una marcada vocación internacional, lo que le ha llevado a realizar proyectos importantes en áreas geográficas tan variadas como Europa, América del Sur, Magreb...

Desde el año 2007, la empresa ISOTRON pertenece al 100% al holding ISASTUR y abarca proyectos en diferentes sectores como pueden ser la generación de energía, sector petroquímico, medio ambiente, papel, sector siderúrgico, sector del automóvil... Además, realiza importantes obras en infraestructuras eléctricas tanto en líneas como en subestaciones.



Figura 2: Logo empresa ISOTRON.

3.1.3.- Departamento de Automatización y Comunicaciones

Las prácticas se han realizado en el Departamento de Automatización y Comunicaciones situado en el edificio ESAGI (Edificio de Servicios Avanzados del Grupo Isastur), en el Parque Tecnológico de Asturias.

El departamento de automatización de ISASTUR está dirigido al diseño, desarrollo e implantación de soluciones fiables para la automatización y control de todo tipo de procesos industriales. Además, la adopción de las tecnologías más avanzadas del mercado los ha situado a la cabeza de las empresas del entorno, contando con clientes en la gran mayoría de los sectores industriales (eléctrico, siderúrgico, químico, alimentación, transformación, cemento, minería, papel, etc.).

El departamento está formado por 16 personas divididas en 3 grupos principales:

- Mantenimiento y gestión de parques eólicos de diferentes países europeos para EDP
- Mantenimiento y gestión de la instalación de nuevos concentradores inteligentes.
- Desarrollo de proyectos de automatización en el ámbito industrial.

La tarea a realizar está comprendida dentro del último grupo, y más concretamente en los proyectos realizados dentro del sector del automóvil, sector muy importante en la cartera de proyectos de este departamento.

3.2.- DESCRIPCIÓN GENERAL

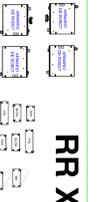
El proyecto descrito en este documento surge de la oferta realizada por el holding ISASTUR para realizar la implantación de una instalación de soldadura, encargada de fabricar el subchasis trasero de un coche para una conocida marca de automóviles cuya fábrica se encuentra en Inglaterra. El cliente de ISASTUR se encarga de suministrar las piezas fabricadas en su instalación, a la marca final de vehículos, que va montando las distintas partes en el chasis del coche.

Esta instalación se encarga de soldar distintas piezas metálicas ya fabricadas, con el objetivo de obtener una única pieza final. Para ello, las distintas piezas se van incorporando a lo largo de las distintas estaciones de la planta, y un grupo de robots se encarga en cada estación de

realizar la soldadura de las piezas y enviar el resultado a la siguiente estación, de esta forma se consigue un funcionamiento automatizado para la obtención de las piezas finales.

La planta contiene dos líneas en paralelo, realizando exactamente el mismo proceso productivo, con la peculiaridad de que están situadas en espejo una de la otra, condición a tener en cuenta únicamente por la programación de los robots, ya que en cuanto al software del PLC, se considera válido el mismo para las dos estaciones equivalentes. Ambas líneas terminan en una estación conjunta, recibiendo piezas por tanto de dos líneas, siendo la encargada de realizar el punzonado final a las piezas, así como de realizar la inspección y el marcado de trazabilidad. Esta última célula será descrita en más detalle en capítulos sucesivos al ser el trabajo principal desarrollado en este proyecto.

GANGWAY



RR X-MEMBER

FRT X-MEMBER

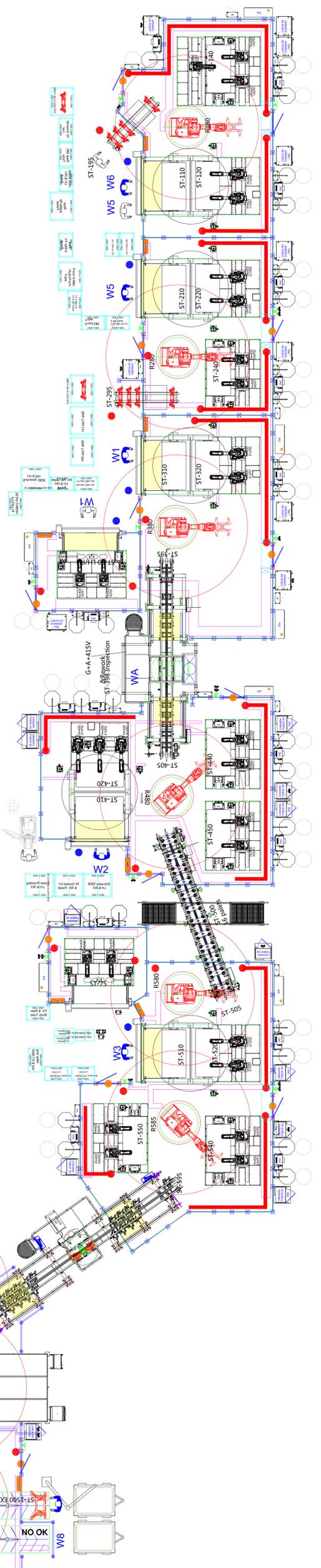
FRAME

BRACKET'S
GANGWAY

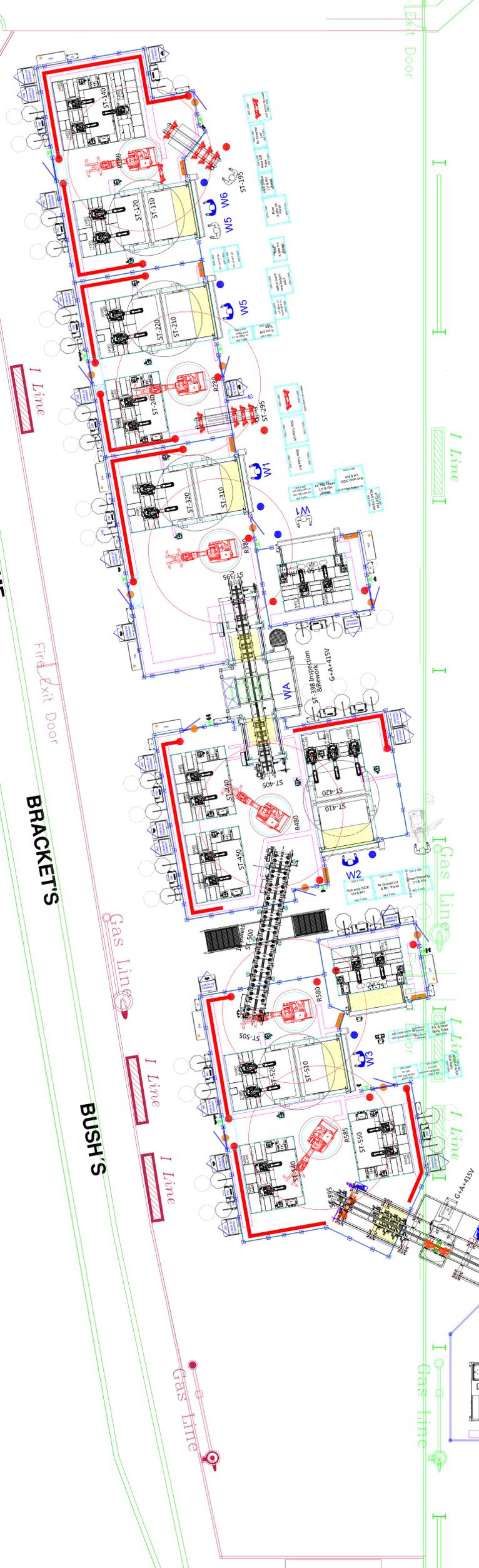
BUSH'S

Speed Door

Fire Exit Door



- EMERGENCY STOP PUSH BUTTON WITH ROPE
- EMERGENCY STOP PUSH BUTTON
- CELL LOCKED INDICATOR / SOUNDER
- OPERATOR START BUTTON



Heater

RR X-MEMBER

FRT X-MEMBER

FRAME

BRACKET'S

BUSH'S

Speed Door
Fire Exit Door

Se identifican un total de 15 estaciones distintas, 7 de ellas equivalentes entre ambas líneas, más la estación final. De las 7 estaciones equivalentes, 5 de ellas son estaciones principales (OP100, OP200, OP300, OP400 Y OP500) denominadas así debido a su mayor complejidad dentro de la línea al disponer de robots manipuladores en su interior debido a las diferentes células internas existentes. Las otras dos estaciones (OP50 y OP75) son dos células más sencillas en las que el operario es el encargado de suministrar las piezas por separado y extraer la pieza final soldada por los robots de manera manual, por lo que constan únicamente de esta función.

Una descripción más detallada del funcionamiento de cada instalación se ofrece en el documento adjunto “Instructions_Manual” donde se describe individualmente cada estación, la secuencia de su funcionamiento, los equipos y accionamientos de los que dispone cada estación, así como las piezas de entrada en las estaciones y las piezas que se forman a la salida de cada célula de soldadura.

3.2.1.- Elementos Comunes de la Instalación

En la instalación existen gran cantidad de elementos utilizados a lo largo de las diferentes estaciones como son:

- 26 estaciones de soldadura con 56 robots MOTOMAN
- 15 robots manipuladores MOTOMAN
- 10 mesas giratorias
- 6 Conveyors
- 4 Cintas transportadoras de entrada
- 2 Cintas transportadoras de salida
- 15 PLC's de Omron
- 16 HMI's de Omron

Además de los distintos armarios para el montaje de los dispositivos, las remotas de campo, el sistema de control de los robots, así como las unidades de gas de los robots soldadores y demás elementos comunes de la instalación.

En cuanto a la botonera, esta es común para todas las estaciones, y el funcionamiento de cada pulsador o indicador responde a un comportamiento igual en todas ellas, aunque se pueda tratar de manera distinta en el programa de control.

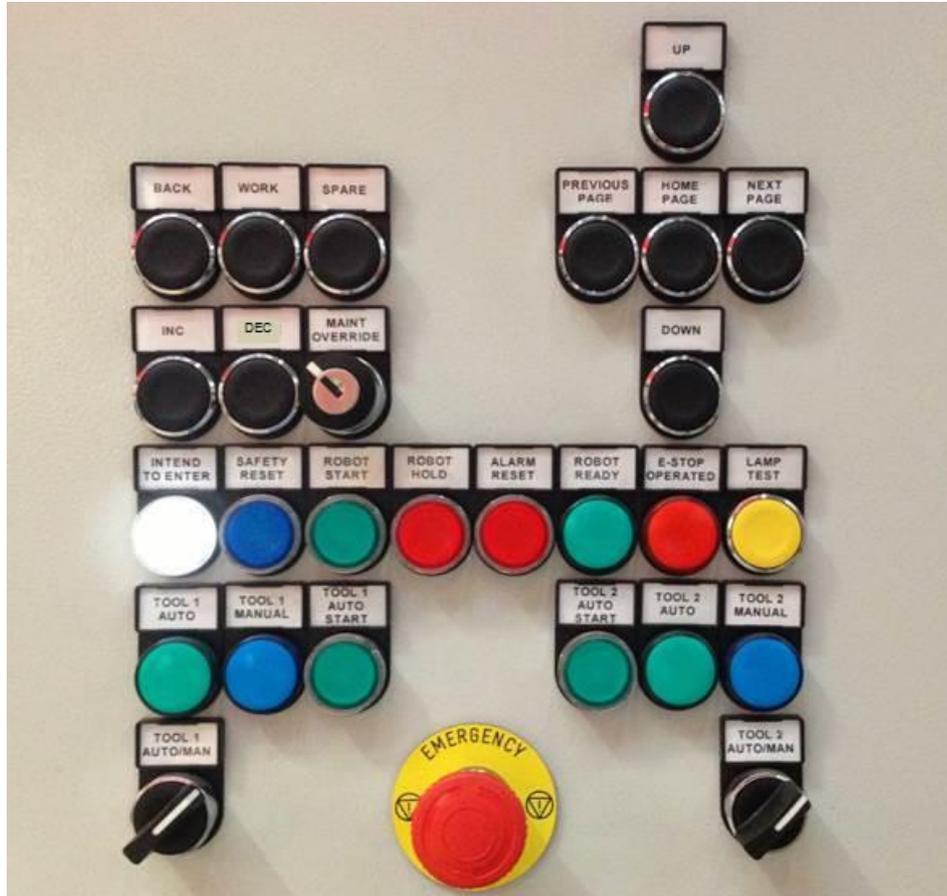


Figura 3: Botonera de las estaciones de la instalación.

El funcionamiento de los distintos pulsadores e indicadores es el descrito a continuación:

Intención de entrada (Intend to enter): Pulsador/Indicador blanco

- Pulsador: Detener el funcionamiento de la célula en automático.
- Indicador parpadeando: Se ha pulsado el pulsador y se está esperando a detener el ciclo de funcionamiento.
- Indicador fijo: Se ha detenido la secuencia.

Reset de seguridad (Safety reset): Pulsador/Indicador azul

- Pulsador: Resetea relés de seguridad de las puertas, da potencia a la célula y a los servos de los robots.
- Indicador parpadeando: Cualquier condición de apagado como parada de emergencia, puerta de acceso abierta...
- Indicador fijo: Funcionamiento correcto de los elementos.

Robot en funcionamiento (Robot running): Pulsador/Indicador verde

- Pulsador: Genera señal de habilitación para el funcionamiento de los robots.
- Indicador parpadeando: Los servos de los motores están encendidos pero los robots no están funcionando.
- Indicador fijo: Los robots están funcionando correctamente.

Robot quieto (Robot hold): Pulsador/Indicador rojo

- Pulsador: Genera señal de habilitación para el mantenimiento de la posición del robot.
- Indicador fijo: Robot parado en su posición.
- Indicador apagado: En el resto de ocasiones.

Reset de alarmas (Alarm reset): Pulsador/Indicador rojo

- Indicador parpadeando: Robot en estado de alarma o fallo de comunicación.
- Indicador fijo: Sensores de Poke.Yoke en fallo permanentemente.

Robot preparado (Robot ready): Indicador verde

- Indicador fijo: Todos los robots están en la posición de seguridad (Home position).
- Indicador parpadeando: Todos los robots no están en la posición de seguridad.

Parada de emergencia (Emergency stop): Indicador rojo

- Indicador fijo: Parada de emergencia activa.
- Indicador apagado: En el resto de momentos.

Test de indicadores (Lamp test): Pulsador amarillo

- Pulsador: Ilumina todos los indicadores del panel de operador.

Indicador de manual (Manual lamp): Indicador azul

- Indicador fijo: Modo manual seleccionado.
- Indicador apagado: En el resto de momentos.

Indicador de automático (Automatic lamp): Indicador verde

- Indicador parpadeando: Cuando la estación no está en automático, pero está seleccionado este modo.
- Indicador fijo: Modo automático seleccionado y estación en funcionamiento automático.
- Indicador apagado: Modo manual seleccionado.

Comenzar ciclo (Cycle start): Pulsador/Indicador verde

- Indicador parpadeando: Todas las secuencias están en automático y el pulsador de comenzar ciclo no ha sido pulsado o, alguna célula de una estación no está en automático.
- Indicador fijo: Modo automático seleccionado y se ha pulsado comenzar ciclo.
- Indicador apagado: En el resto de ocasiones.

Funciones de mantenimiento (Maint Override Key switch)

- Interruptor: Permite a los operarios avanzar ciertas funciones.

Automático/Manual (Auto/Manual selector switch)

- Interruptor: Permite seleccionar el modo automático o el modo manual.

Incrementar (Inc pushbutton)

- Pulsador: Incrementa la secuencia en 1 dependiendo de la posición de otros switch.

Decrementar (Dec pushbutton)

- Pulsador: Decrementa la secuencia en 1 dependiendo de la posición de otros switch.

Desactivar (Back pushbutton)

- Pulsador: Permite desactivar accionadores dependiendo de la posición de otros switch.

Activar (Work pushbutton)

- Pulsador: Permite activar accionadores dependiendo de la posición de otros switch.

Sumados a estos pulsadores mencionados, se dispone de los HMI que permiten realizar gestiones de la célula y proporcionan mayores posibilidades. Sin embargo, aunque son paneles táctiles, se encuentran tapados mediante un cristal de metracrilato, ya que los operarios no son cuidadosos con este material.

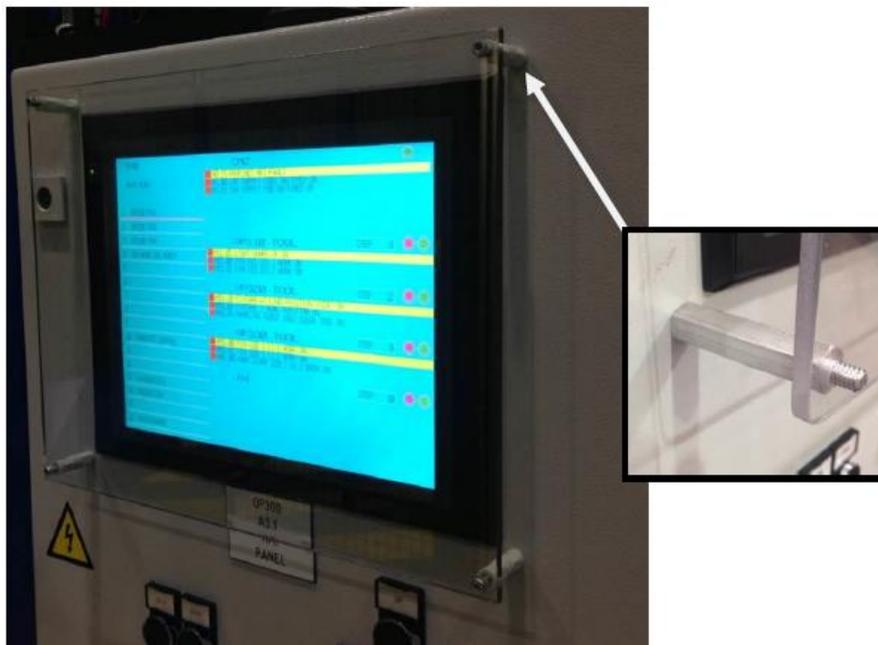


Figura 4: Colocación del HMI de la instalación.

Debido a esto, se añade a las botoneras una serie de pulsadores que permite moverse por las distintas pantallas además de gestionarlas de igual forma a un panel no táctil convencional.

Página de inicio (Home page pushbutton)

- Pulsador: Permite ir a la página principal del HMI.

Página anterior (Previous page pushbutton)

- Pulsador: Permite ir a la página vista anteriormente.

Página siguiente (Next page pushbutton)

- Pulsador: Permite ir a la página siguiente del HMI.

Arriba (Up pushbutton)

- Pulsador: Funcionamiento similar a “flecha arriba” de un teclado convencional.

Abajo (Down pushbutton)

- Pulsador: Funcionamiento similar a “flecha abajo” de un teclado convencional.

3.2.2.- Seguridad de las Células

Cada estación dispone de gran cantidad de dispositivos de seguridad para evitar daños materiales y humanos durante el funcionamiento automático de la planta. Todas las estaciones disponen de un vallado exterior como el de la figura. En el que se deben respetar el color de las vallas en tono azul, la zona de cortina inferior debe ser tintada de ámbar y la zona superior se dejará sin cortina para favorecer la entrada de luz natural a no ser que se vea desde un paso peatonal. Todo ello con el fin de proteger a las personas de posibles daños derivados del proceso de soldadura realizado por los robots.

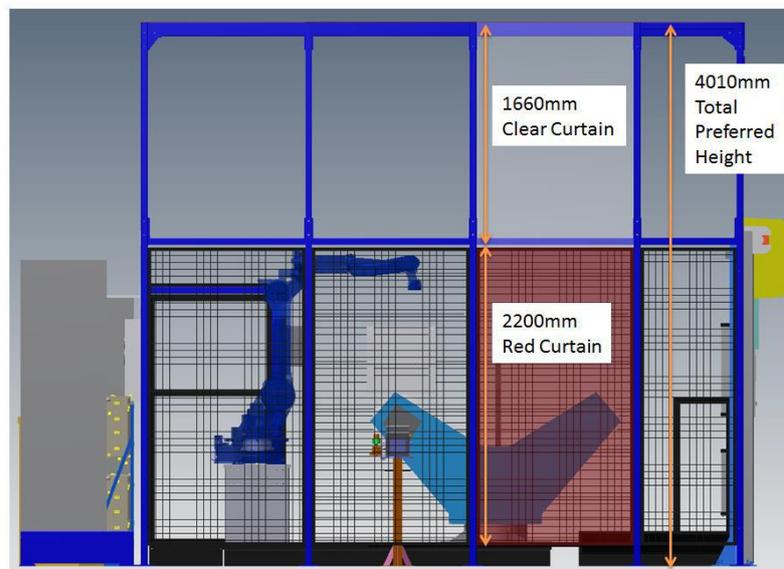


Figura 5: Descripción del enrejado lateral de la celda.

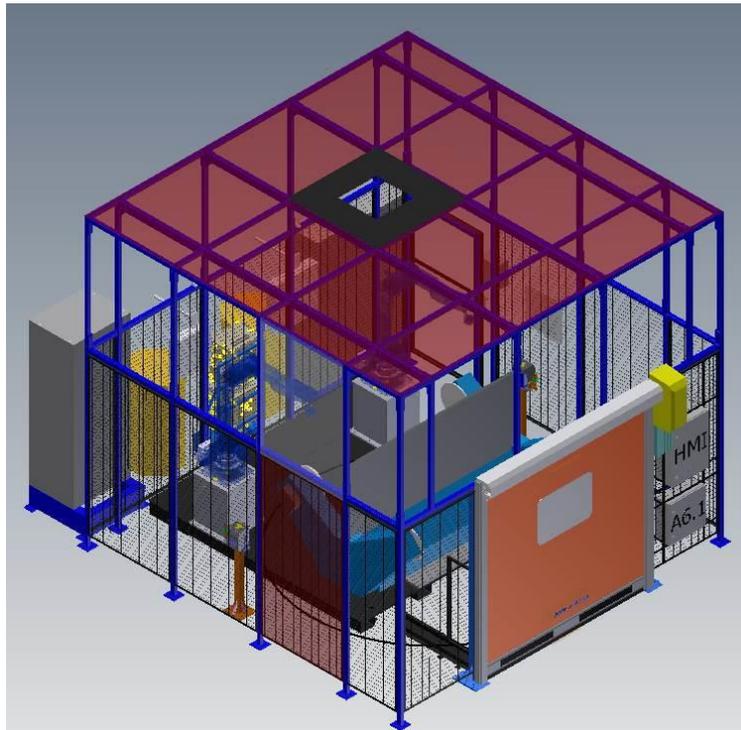


Figura 6: Descripción del enrejado de la celda.

En el techo del enrejado se dispondrá a su vez del mismo tipo de cortina ámbar con un habitáculo para salidas de emergencia. Además, el enrejado debe estar dispuesto de forma que el operario únicamente pueda entrar por la zona habilitada para ello en condiciones de seguridad. Para lograr estas condiciones de seguridad, se dispone en la zona de carga y paso del operario de barreras láser que permiten detectar el paso o la situación de un operario en la célula para detener el funcionamiento y mantener las condiciones de seguridad. Otra seguridad añadida es la apertura y cierre de las puertas de entrada, ya que se realiza mediante el control del PLC al disponer de cerraduras magnéticas. Si el operario necesita entrar, debe realizar una petición, y cuando la célula esté en condiciones de seguridad, permitirá el paso de este dentro del enrejado, disponiendo de avisos luminosos y sonoros para alertar al resto de trabajadores y evitar daños.

Igualmente, se dispone de puertas de carga de piezas, sin necesidad de que el operario entre en la estación, denominadas *Load Doors*, las cuales únicamente permitirán cargar piezas en unas condiciones determinadas de la estación y en el momento en el que sea necesario.

Todos estos dispositivos, junto con setas de seguridad, líneas de vida y demás dispositivos encargados de evitar daños humanos y materiales se gestionan desde PLC's de seguridad PLUTO de ABB, que permiten realizar una gestión de estos fallos más eficaz que un PLC convencional, y estos se comunican con el PLC principal de control.

3.3.- ESTACIÓN OP600

En esta sección se describe la estación OP600 en profundidad, ya que es en la que se basa principalmente este trabajo, describiendo tanto los componentes que la forman como la secuencia a seguir por para el funcionamiento normal de la estación.

3.3.1.- Descripción General

Como se ha descrito en apartados anteriores, la OP600 es la estación final en la que convergen las dos líneas de producción previas. Ambas líneas proporcionan exactamente la misma pieza en la entrada, teniendo la estación que ir seleccionando alternativamente las piezas a utilizar para desarrollar el producto final. Además, es la única estación de las 15 de la planta que no dispone de robots soldadores, sin embargo, todos los elementos que se encuentran en ella también son únicos en la planta, por lo que se considera con relativa complejidad.

Esta célula se encargaría de seleccionar las piezas de los conveyors de entrada de forma alternativa, uno por cada línea. A continuación, pasaría por la primera estación de punzonado, donde se realizarían los primeros agujeros a la pieza y al finalizar pasaría a la segunda estación, con el mismo propósito de terminar de mecanizar la pieza. Al terminar esta segunda etapa de punzonado, la pieza se consideraría finalizada y pasaría a la sección de validación, donde mediante un proceso de visión artificial se proporcionaría el OK o el NOT OK a la pieza con el fin de discriminar aquellas que puedan contener fallos derivados de la construcción. Finalmente, la última etapa consiste en marcar la pieza con el fin de proporcionarle trazabilidad para futuros seguimientos que se quieran realizar. En la salida, la pieza se colocará en la cinta transportadora correspondiente en función de si es válida o no lo es.

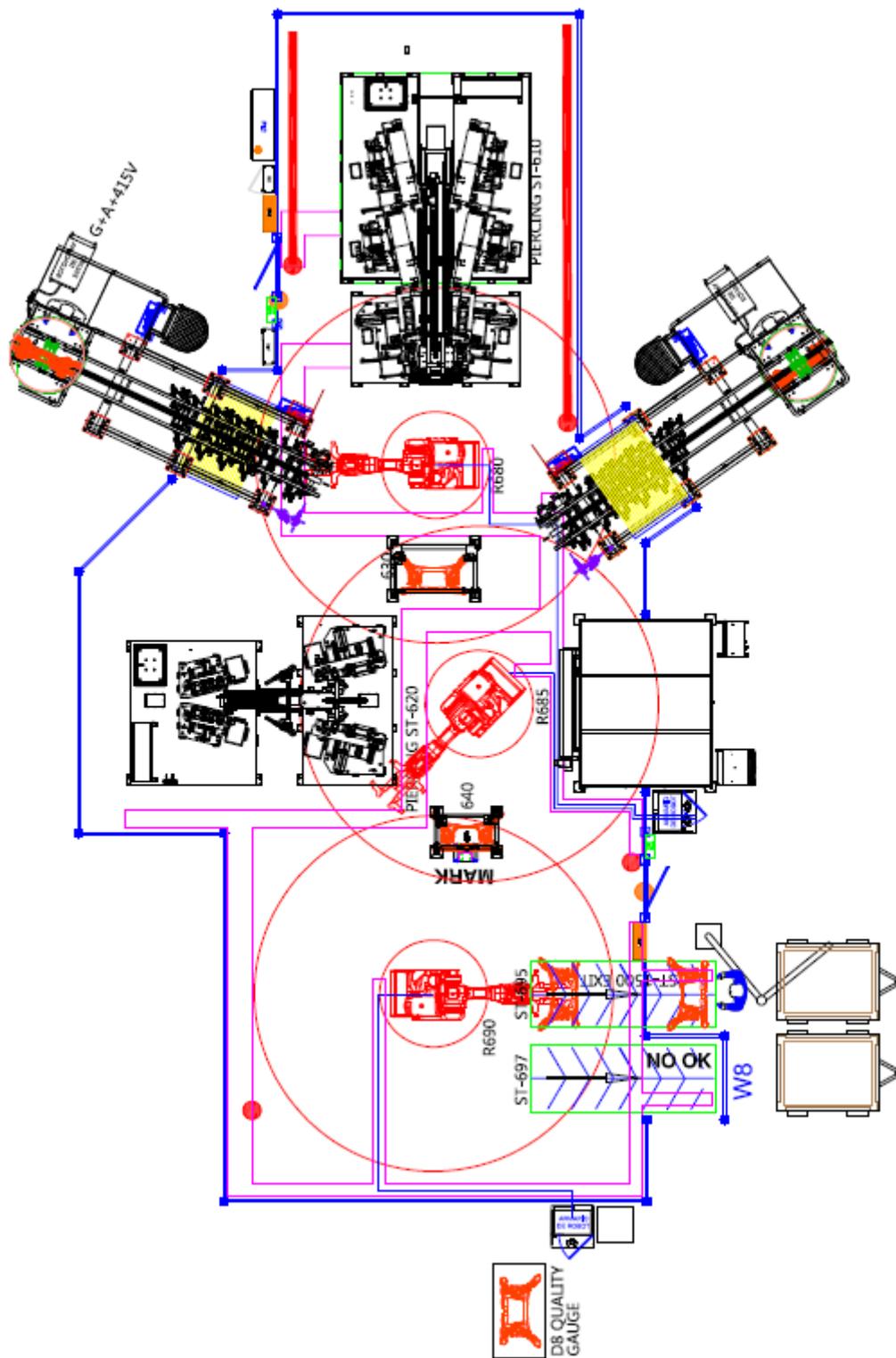


Figura 7: Plano de la distribución de las máquinas en la estación OP600.

Después del paso por las 8 estaciones correspondientes, se obtendría la pieza final utilizada para el montaje del subchasis trasero de un coche y quedaría de la forma indicada en la figura:

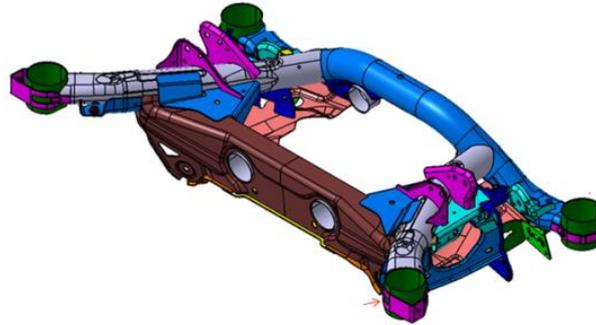


Figura 8: Pieza del eje trasero del coche que se fabricará.

Esta pieza sería la que se suministraría a la industria final y encargada de fabricar y montar el coche.

3.3.2.- Descripción de los Componentes

En esta sección se hará una descripción detallada de los diferentes componentes que se encuentran en la estación y de los cuales fue necesario su análisis para poder realizar la automatización en consecuencia.

En primer lugar, se detalla en nombre identificativo del elemento junto con su código dentro de la estación con el fin de poder identificarlo, así como los componentes que se necesitan para que este funcione y sus señales de operación.

Tabla 1: Tabla de elementos de la instalación:

Elemento de la instalación	Código
Conveyor entrada Line - 1	OP601
Conveyor entrada Line – 2	OP602

Punzonadora 1	OP610
Punzonadora 2	OP620
Mesa intermedia	OP630
Marcadora	OP640
MAP – VISION	OP650
Robot manipulador 1	OP680
Robot manipulador 2	OP685
Robot manipulador 3	OP690
Cinta de salida – Piezas OK	OP695
Cinta de salida – Piezas NOK	OP697

Existen un total de 12 elementos principales dentro de la estación, a través de los cuales giran todas las funciones desempeñadas por la célula y del uso de estos dependen otros elementos secundarios.

Conveyor OP601

Los conveyor son los encargados de transportar las piezas entre las diferentes estaciones de forma semiautomática. Son una especie de cintas transportadoras, pero en lugar de llevar las piezas posadas sobre la cinta, las lleva colgadas de unos útiles diseñados para ello, lo que facilita la manipulación de estos por parte de los robots en las operaciones de carga y de descarga.

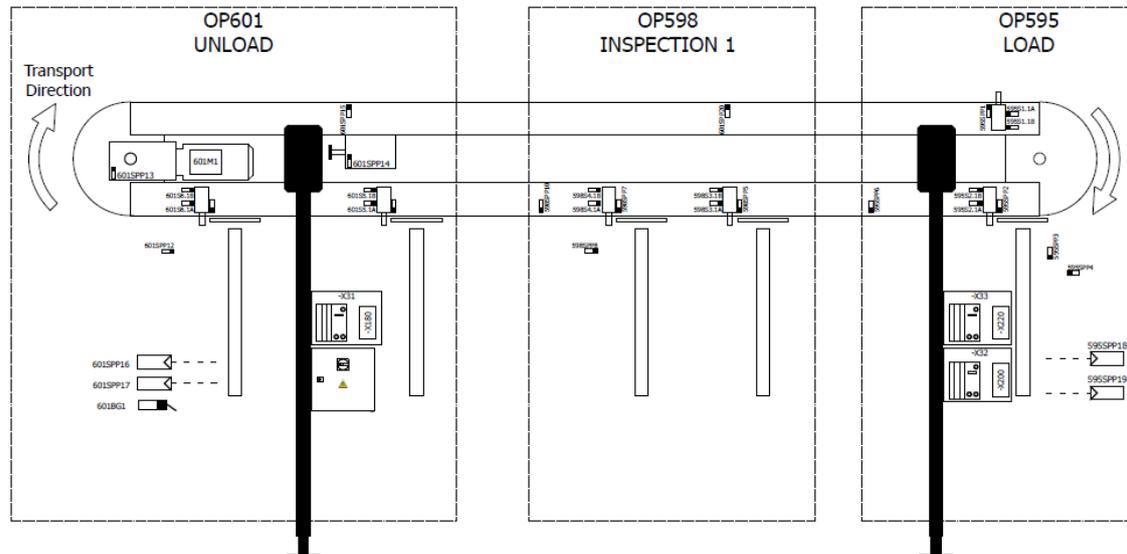


Figura 9: Representación de los distintos elementos que componen los conveyer de entrada de piezas en la celda.

Este tipo concreto está dividido en 3 zonas, la zona de carga, situada en la estación anterior (OP500 en este caso) donde el robot manipulador deposita la pieza en él para que sea transportada. La zona intermedia o zona de inspección se corresponde con una zona donde se encuentra un operario revisando que la pieza este construida correctamente y en caso de necesitar pequeñas operaciones de acabado, estas se realizarían aquí. La última zona o zona de descarga estaría en la estación final (OP600 en este caso) y es donde el robot manipulador cogería la pieza para su tratamiento, descargando el conveyer.

El funcionamiento de este es automático siempre y cuando el operario no detecte una anomalía en una pieza, en ese caso, lo detendría para realizar la revisión oportuna y al terminar, devolvería el conveyer a su funcionamiento normal.

Conveyor OP602

Funcionamiento idéntico al descrito en “Conveyor OP601” ya que mecánicamente son iguales, además de disponer de los mismos sensores y ser equivalentes todas las partes entre ellos.

Punzonadora OP610

Las punzonadoras se encargan de realizar el mecanizado de las piezas finales, proporcionándoles a las piezas los orificios necesarios para su montaje en el chasis final. Esta punzonadora dispone de 3 estaciones internas de punzonado, y en cada una de ellas realiza dos acciones. En cada estación existen 4 cilindros neumáticos y 2 cilindros hidráulicos encargados de sujetar la pieza durante el punzonado, realizado por 2 grupos de 2 cilindros hidráulicos cada uno. Finalmente, se aplica aire a presión con el fin de eliminar sobrantes sobre la pieza.

El funcionamiento consiste en que el robot manipulador deposita la pieza en la parte inicial de la punzonadora y a través de un sistema basado en un servomotor, la pieza se va desplazando en una cinta transportadora por las distintas estaciones de punzonado. Finalmente vuelve a la posición inicial y el robot la recoge.

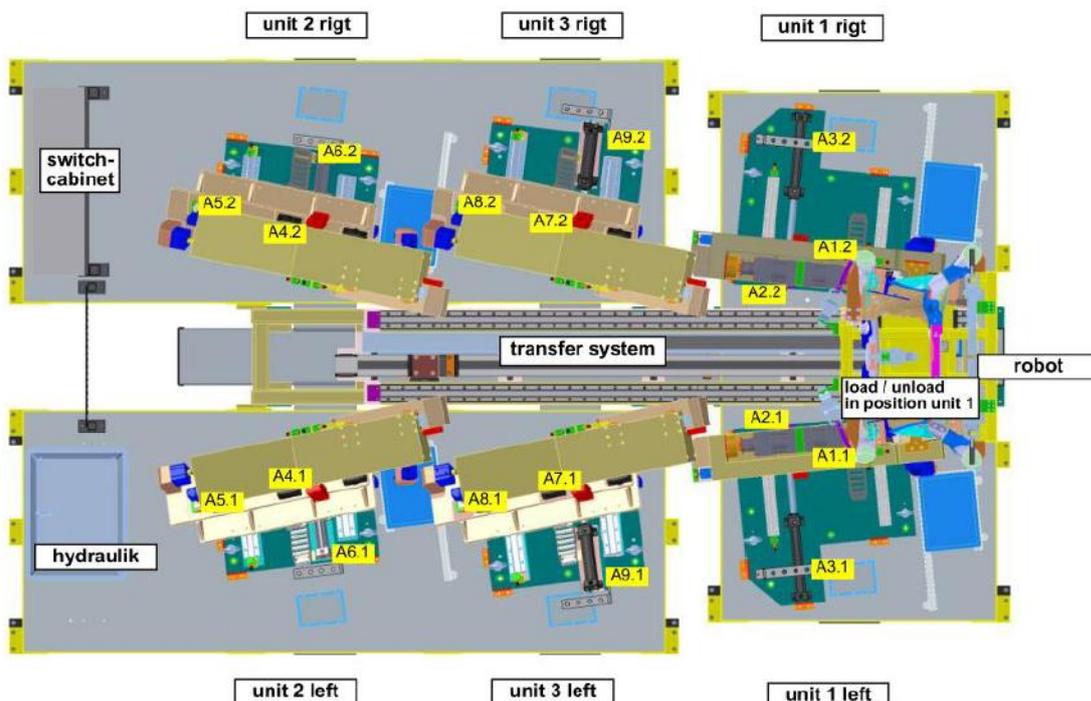


Figura 10: Descripción de los distintos elementos que componen la punzonadora 1.

Punzonadora OP620

La segunda punzonadora trabaja de manera similar, aunque dispone de una estación menos de punzonado, únicamente dispone de 2. Además, en cada estación únicamente realiza una acción de punzonado, disponiendo de un único grupo de 2 cilindros hidráulicos por estación.

El funcionamiento por tanto es similar, sin embargo, para desplazar la pieza entre las dos estaciones, en este caso no se utiliza un servomotor, sino que se emplea un cilindro neumático que, en posición de reposo se encuentra en la estación 1, y en posición de avance se encuentra en la posición 2.



Figura 11: Descripción de los distintos elementos que componen la punzonadora 2.

Mesa intermedia OP630

La mesa intermedia permite gestionar el uso de varios robots en la misma estación. Su utilidad es la de servir de apoyo a la pieza para hacer el cambio del robot. En este caso, el robot OP680 depositaría la pieza en esta mesa cuando se hallan terminado todas las tareas asociadas a ese robot. Una vez en la mesa, el segundo robot OP685 sería el encargado de recoger la pieza de esa mesa y empezar su ciclo de acciones.

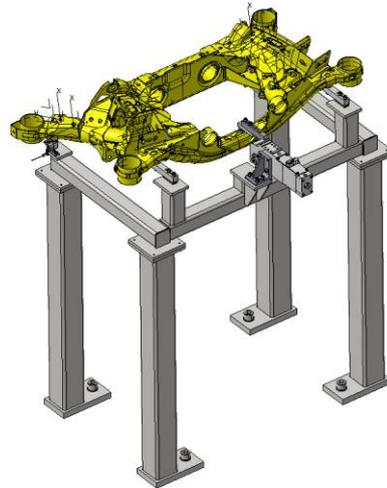


Figura 12: Descripción de la mesa de posicionado de piezas intermedia.

Marcadora OP640

La marcadora es la encargada de recibir los resultados obtenidos por el sistema de verificación de visión artificial y marcar cada pieza con su número de serie, fecha de fabricación, línea de producción y en caso de que sea incorrecta, marcarla como NOK.



Figura 13: Marcadora de piezas.

MAP – VISION OP650

La estación de visión artificial es la encargada de la verificación de la pieza. Se encarga de comprobar que las dimensiones y acabados de la pieza son los correctos, así como comprobar que las posiciones de los orificios hechos por las punzonadoras se encuentran hechos en las posiciones y dimensiones correctas.



Figura 14: MAP VISION de control de calidad de piezas.

Robot manipulador OP680

Los robots manipuladores son los encargados de mover la pieza entre las distintas máquinas dentro de una estación. Van equipados con un terminador especial, denominado garra, que permite sujetar y transportar la pieza de forma segura.

El robot OP680 dispone de dos garras, por lo que puede transportar dos piezas de forma simultánea para aumentar la velocidad de fabricación de la estación, y gestiona el movimiento de las piezas entre los conveyors de entrada (OP601 y OP602), la punzonadora 1 (OP610) y la mesa intermedia (OP630) donde se realizaría el intercambio con el siguiente robot.



Figura 15: Robot manipulador YASKAWA utilizado.

Robot manipulador OP685

El segundo robot dispone también de dos garras, y por tanto capacidad para cargar dos piezas, y cuando recoge la pieza en la mesa intermedia OP630, gestiona el movimiento de la pieza entre la segunda punzonadora (OP620), la MAP – VISION (OP650) y la marcadora (OP640) que a su vez es la zona de intercambio con el tercer y último robot de la estación.

Robot manipulador OP690

El tercer y último robot dispone únicamente de una garra, ya que no es necesaria la carga de varias piezas de forma simultánea, ya que su movimiento consiste en recoger la pieza de la zona de la marcadora (OP640) y depositar la pieza en la cinta transportadora de salida en función de si está OK (OP695) o NOK (OP697).

Cintas transportadoras de salida – Piezas OK OP695 / Piezas NOK OP697

Las cintas transportadoras de salida es el último eslabón de toda la planta y se encargan de extraer de la última estación OP600 hacia una zona segura donde un operario pueda recoger las piezas sin riesgos. Son de corto recorrido y como se puede observar en la figura, son dos cintas, permitiendo discriminar las piezas entre válidas e invalidas. Las piezas válidas serán

enviadas directamente al montador del vehículo y las piezas invalidas serán revisadas por un operario con el fin de reparar los fallos o desmontar la pieza, en caso de ser posible, para comenzar un nuevo ciclo.

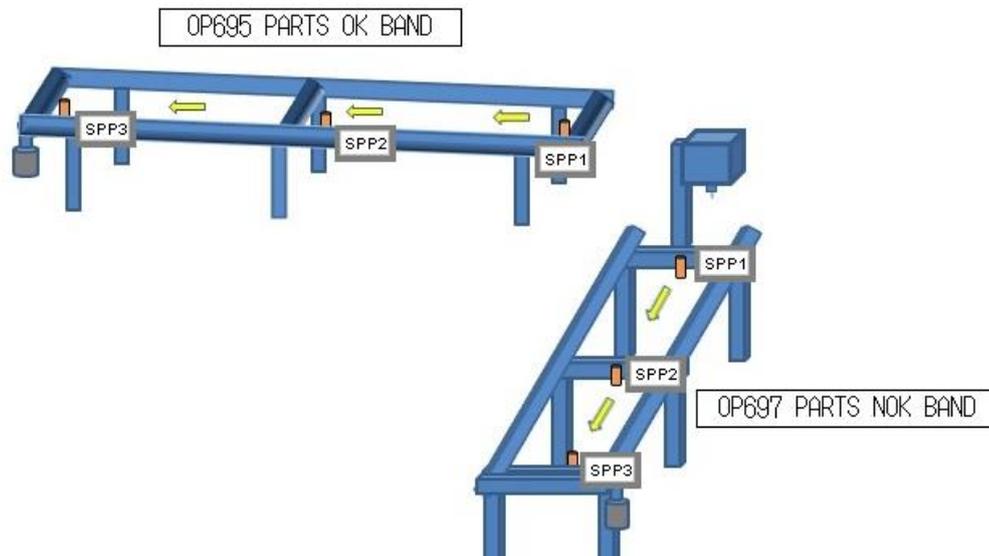


Figura 16: Representación de las cintas transportadoras de salida.

4.- Objetivos

El objetivo de este proyecto se basa en el estudio de los distintos aspectos que envuelven el desarrollo del programa de control de una instalación de soldadura. Para ello, será necesario analizar y conocer el funcionamiento de gran cantidad de elementos presentes en la instalación: robots, cintas transportadoras, punzonadoras...

Todos los objetivos nacen de la aceptación del proyecto por parte del cliente para la realización de este por ISASTUR.

Los objetivos principales planteados inicialmente han sido variados debido a las diferentes tareas a abordar a lo largo del proyecto.

4.1.- ANÁLISIS Y PROGRAMACIÓN DE LOS MODOS DE FUNCIONAMIENTO Y SECUENCIAS

El primero objetivo consiste en realizar un estudio del proceso y analizar el funcionamiento individual de cada máquina con el fin de realizar la programación del PLC para lograr un funcionamiento automático y eficaz de la estación.

Para la realización de esta etapa se partirá de ejemplos proporcionados por el cliente con el fin de facilitar el análisis, así como garantizar el cumplimiento del estándar de programación del que dispone la empresa. Consistirá en desarrollar una secuencia específica a partir de ejemplos genéricos para cada una de las máquinas de la estación, teniendo en cuenta la intercomunicación entre todas los dispositivos de la célula.

4.2.- ANÁLISIS Y CONFIGURACIÓN DE LA RED PROFINET

Para que el PLC reciba todas las señales de actuadores y sensores de la estación es necesario disponer de una comunicación entre los distintos elementos. El segundo objetivo trata de realizar el análisis de los elementos utilizados y entre los cuales va a haber comunicación, y a continuación, realizar la configuración de la comunicación entre ellos, para lo cual es necesario realizar la configuración de la red PROFINET que se utiliza en la instalación y que comunica el PLC, el HMI, las remotas y demás elementos.

4.3.- DESARROLLO DE LA SEGURIDAD DE LA ESTACIÓN

La seguridad en el ámbito industrial está en auge, tanto que existen elementos especiales con el fin de supervisar y gestionar la seguridad en las distintas estaciones de una planta. El cliente es una empresa bastante interesada en disponer de unas condiciones de seguridad con el fin de evitar problemas de los operarios durante el trabajo y de esta forma garantizar su seguridad.

El tercer objetivo consistirá en realizar la programación de toda la seguridad de la estación, para ello se utilizan PLCs de seguridad PLUTO de ABB, diseñado especialmente para este fin, y que se encargará de parar el funcionamiento de toda la estación en caso de peligro.

4.4.- ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL HMI

Por último, y con el fin de gestionar la instalación tanto en la puesta en marcha, como durante su funcionamiento normal, es necesario la configuración y desarrollo de los HMI para el control de la instalación por parte de los operarios de la propia planta.

Para ello, al igual que en la programación de los PLC's, el cliente proporciona proyectos de HMI ejemplos, a los cuales los operarios están acostumbrados, para realizarlos de forma similar y de esta forma unificar el funcionamiento de todas ellas.

5.- Discusión y conclusiones

En este apartado final del documento se hará una crítica de las decisiones tomadas durante la implementación del algoritmo elaborado para lograr una solución válida. Se valorará si se ha alcanzado el objetivo propuesto, analizando aquellas partes que puedan faltar. Por último, se elabora una conclusión general del trabajo realizado.

5.1.- DISCUSIÓN DEL MÉTODO Y LOS RESULTADOS

Como se ha mencionado durante la memoria, el desarrollo realizado para este proyecto consiste únicamente en la realización del programa completo del desarrollo offline de la instalación, no entrando por tanto la puesta en marcha de la instalación dentro del ámbito de realización por diferentes motivos.

El método utilizado para la realización del programa se basó en un estándar realizado por la empresa cliente, por tanto, la posibilidad de aplicar nuevas técnicas de programación quedó descartada, teniendo que ceñirse el programa lo más posible al estándar, siempre y cuando este contemplase el caso concreto de implementación. El programa completo se basó en el lenguaje de programación de PLC denominado LD, Ladder o lenguaje de contactos, debido que así lo contempla el estándar. Este estándar contempla un caso genérico de programación de un elemento de la instalación, teniendo que variar lo mínimo posible en función del número distinto de accionamientos o sensores de los que disponga el equipo.

Se podría haber utilizado otros lenguajes de programación como el SFC o Grafset, ya que la instalación sigue totalmente un comportamiento secuencial, sin embargo, este lenguaje está escasamente adoptado en la industria del automóvil y en la industria en general, por lo que se descarta su uso.

Además, existen distintas metodologías de programación como puede ser la guía GEMMA, que proporciona los pasos y estados necesarios para definir el comportamiento de una instalación industrial, sin embargo, debido a la existencia de un estándar, su uso fue imposible, teniendo que guiarse por el estándar de la correspondiente industria en todos los casos.

5.2.- CONCLUSIONES

Como conclusión, se puede afirmar que el código realizado es una buena implementación de una solución al problema mostrado en el apartado introductorio, ofreciendo un funcionamiento y robustez razonables. Cumple con todos los requisitos necesarios para su funcionamiento, siendo los mayores problemas encontrados el desconocimiento del estándar de programación, las dimensiones de la instalación, así como el desconocimiento inicial del funcionamiento de muchos de los equipos de la instalación.

Como se ha mencionado, la solución adoptada se ha desarrollado en base al estándar del cliente, sin usar ninguna metodología concreta, además de ser el desarrollo offline únicamente, por lo que se puede asegurar que en la puesta en marcha habrá que hacer diferentes cambios para el correcto funcionamiento de la instalación. Además, probablemente se pudiera conseguir un programa más simple y más intuitivo utilizando algún tipo de metodología para programas secuenciales como los SFC basándose en aspectos de la guía GEMMA.

En conclusión, la solución propuesta se considera funcional y correcta, a falta de realizar la puesta en marcha que tendrá lugar en los próximos meses, y que definirá de forma más clara la calidad del programa desarrollado en la oficina en función del número de cambios necesarios para poner en funcionamiento la instalación, sin embargo, el programa ha sido revisado por los técnicos de puesta en marcha de las otras 14 estaciones y han considerado que era lo suficientemente correcto para realizar la puesta en marcha sin realizar más cambios offline, por lo que debido a esto se considera una solución válida.