ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS

INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Proyecto Fin de Grado

Proyecto de ingeniería básica para la integración de robot con manipulador

Basic engineering project for the integration of robot with manipulator

Para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

Autor: Daniel Sustacha Pardeiro

Junio – 2022

Contenido

ÍNDICE DE TABLAS **5**
ÍNDICE DE FIGURAS **6**
AGRADECIMIENTOS **8**
RESUMEN **9**
SUMMARY **10**
1. INTRODUCCIÓN **11**
1.1. ENTORNO INDUSTRIAL 11
1.2. ANTECEDENTES 12
1.2.1. ACLARACIÓN SOBRE POSICIONES DE SOLDADURA 13
1.2.2. TIPOS DE POSICIONES DE SOLDADURA 13
1.2.3. POSICIONES DE SOLDADURA DE TUBERÍAS 15
1.3. OBJETIVOS 17
1.4. PLANIFICACIÓN 18
2. MEMORIA **19**
2.1. MEMORIA GENERAL 19
2.1.1. ALCANCE Y CONTENIDO DEL PROYECTO 19
2.1.2. NORMAS APLICABLES 19
2.2. MEMORIA TÉCNICA 20
2.2.1. ROBOT 20
2.2.2. MESA 20
2.2.3. EQUIPOS ADICIONALES 20
3. EQUIPOS **21**
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ROBOT 21
3.2. DESCRIPCIÓN DEL CONTROLADOR DEL ROBOT 22
3.3. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE 23
3.4. DESCRIPCIÓN DE LA MESA 24
3.4.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA 24
3.4.2. DIMENSIONES DE LA MESA 26
3.4.3. ESQUEMAS ELÉCTRICOS 27
3.4.4. ESQUEMA HIDRÁULICO 31
4. PROPUESTAS DE INTEGRACIÓN **33**
4.1. PROPUESTA 1 34
4.1.1. DESARROLLO 34
4.1.2. CONEXIÓN 35

4.1.3. LISTA DE MATERIALES 35
4.1.4. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS 36
4.1.5. PRESUPUESTO 42
4.2. PROPUESTA 2 43
4.2.1. DESARROLLO 43
4.2.2. CONEXIÓN 44
4.2.3. LISTA DE MATERIALES 44
4.2.4. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS 45
4.3. PROPUESTA 3 51
4.3.1. DESARROLLO 51
4.3.2. CONEXIÓN 52
4.3.3. LISTA DE MATERIALES 53
4.3.4. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS 53
4.3.5. PRESUPUESTO 60
5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS 61
5.1. ENCODERS Y RESOLVERS 61
5.1.1. ENCODERS 61
5.1.2. RESOLVERS 62
5.1.3. RESOLVERS VS ENCODERS 62
5.2. MODOS DE SINCRONIZACIÓN 63
5.2.1. PROGRAMACIÓN MANUAL 63
5.2.2. CONVEYOR TRACKING 65
5.3. MODOS DE COMUNICACIÓN 66
5.3.1. PROFIBUS 66
5.3.2. DEVICENET 69
6. PLIEGO DE CONDICIONES 72
6.1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO 72
6.2. CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL 72
6.3. ALIMENTACIÓN 72
6.4. INTERRUPTOR GENERAL 72
6.5. PROTECCIONES 72
6.6. CIRCUITO DE MANDO 73
6.7. ROBOT 73
6.8. PLC 73
6.9. EJECUCIÓN 73
6.10. SEÑALIZACIÓN 73

6.11. ALIMENTACIÓN 74
6.12. ILUMINACIÓN 74
6.13. ARRANQUE 75
6.14. MOTORES Y SERVOMOTORES 75
6.15. PROTECCION DE MOTORES 75
6.16. ARMARIO GENERAL 75
6.17. MARCADO DE APARATOS 76
6.18. MARCADO DE CONDUCTORES 76
6.19. EJECUCIÓN DEL CABLEADO 76
6.20. NEUMÁTICA 77
6.21. DOCUMENTOS TÉCNICOS QUE DEBEN ENTREGAR LOS CONSTRUCTORES DE MÁQUINAS/EQUIPOS 77
6.22. NOTA IMPORTANTE 79
6.23. SEGURIDAD DE LAS MÁQUINAS 81
6.24. ENERGÍAS Y FUENTES RENOVABLES 81
6.25. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES 82
7. CONCLUSIONES 83
7.1. RESUMEN 83
7.2. SOLUCIÓN FINAL 84
BIBLIOGRAFÍA 86
MANUALES 86

Índice de tablas

Tabla 1 - Dimensiones de la mesa posicionadora 27
Tabla 2 - Lista de materiales Idea 1 35
Tabla 3 - Especificaciones encoder Baumer EAM580 36
Tabla 4 -- Especificaciones final de carrera Telemecanique 37
Tabla 5 - Especificaciones tarjeta entradas digitales Wago 750-402 40
Tabla 6 - Especificaciones módulo DeviceNet Wago 750-306 42
Tabla 7 - Presupuesto propuesta 1 42
Tabla 8 - Lista de materiales Idea 2 44
Tabla 9 - Especificaciones tarjeta salidas digitales Wago 750-530 49
Tabla 10 - Especificaciones tarjeta entrada analógica Wago 750-491 50
Tabla 11 - Presupuesto propuesta 2 51
Tabla 12 - Lista de materiales Idea 3 53
Tabla 13 - Especificaciones módulo de comunicación Profibus 56
Tabla 14 - Especificaciones servoválvula Moog D941 59
Tabla 15 - Presupuesto propuesta 3 60
Tabla 16 - Características red Profibus 68
Tabla 17 - Comparativa de propuestas 84

Índice de figuras

Figura 1 - Fábrica de Equipos Nucleares S.A. en Maliaño 12

Figura 2 - Logotipo ENSA 12

Figura 3 - Posiciones de juntas de soldadura para placa 14

Figura 4 - Posiciones de soldadura de tuberías 16

Figura 5 - Diagrama de flujo planificación del proyecto 18

Figura 6 - Área de trabajo del robot IRB 4600-20/2.50 21

Figura 7 - Robot ABB IRB 4600-20/2.50 22

Figura 8 - Controlador ABB IRC5 22

Figura 9 - Mesa posicionadora Narducci 24

Figura 10 - Dimensiones 1 de la mesa posicionadora 26

Figura 11 - Dimensiones 2 de la mesa posicionadora 26

Figura 12 - Esquema eléctrico página 1 mesa Narducci 28

Figura 13 - Esquema eléctrico página 2 mesa Narducci 28

Figura 14 - Esquema eléctrico página 3 mesa Narducci 29

Figura 15 - Lista de materiales 1 esquemas eléctricos mesa Narducci 29

Figura 16 - Lista de materiales 2 esquemas eléctricos mesa Narducci 30

Figura 17 - Lista de materiales 3 esquemas eléctricos mesa Narducci 30

Figura 18 - Esquema hidráulico página 1 mesa Narducci 31

Figura 19 - Esquema hidráulico página 2 mesa Narducci 32

Figura 20 - Encoder Baumer EAM580 36

Figura 21 - Final de carrera Telemecanique 37

Figura 22 - Tarjeta de lectura de encoder Wago 750-637 38

Figura 23 - Conexión del encoder a la tarjeta Wago 750-637 38

Figura 24 - Pines de conexión 38

Figura 25 – Conexiones tarjeta de entradas digitales Wago 750-402 39

Figura 26 - Tarjeta de entradas digitales Wago 750-402 39

Figura 27 - Módulo de comunicación DeviceNet Wago 750-306 41

Figura 28 - Resolver RTD 4 A 4 Y 2 45

Figura 29 - Conexiones tarjeta salidas digitales Wago 750-530 47

Figura 30 - Tarjeta salidas digitales Wago 750-530 48

Figura 31 - Tarjeta entrada analógica Wago 750-491 49

Figura 32 - Conexiones tarjeta entrada analógica Wago 750-491 50

Figura 33 - PLC Simatic S7-1200 53

Figura 34 - Tarjeta salidas analógicas Simatic SM 1232 AQ 55

Figura 35 - Módulo de comunicación Profibus Wago 750-303 55

Figura 36 - Servomotor Omron R88M-K5K020C-BS2 57

Figura 37 - Servo Drive Accurax G5 R88D-KT 58

Figura 38 - Servoválvula Moog D941 59

Figura 39 - Señales de salida encoder 61

Figura 40 - Programa RAPID seguimiento de conveyor 1 64

Figura 41 - Programa RAPID seguimiento de conveyor 2 65

Agradecimientos

Después de un período de seis meses en Equipos Nucleares S.A. SME, finalizo este ciclo con la presentación del trabajo de fin de grado. A lo largo de esta etapa he desarrollado mis competencias personales y profesionales. La realización de esta beca de prácticas en ENSA y la redacción de este trabajo ha repercutido de manera directa en mi aprendizaje, y me gustaría agradecer a todas aquellas personas que me han ayudado y apoyado durante todo este proceso.

Primero, quiero agradecer a mis compañeros de prácticas del departamento de Automática de ENSA por su colaboración, en especial a Borja García por su ayuda. También me gustaría nombrar a mis compañeros de clase que fueron un gran apoyo durante toda la carrera.

Además, me gustaría darle las gracias a mi tutor Luis García, por su valiosa ayuda durante la realización de este trabajo.

Mi principal y más importante agradecimiento se lo dedico a mis padres, Javier y Esperanza, por todo el apoyo y el esfuerzo que han hecho para hacerme llegar hasta aquí.

Un agradecimiento muy especial a mis amigos de Boo de Guarnizo con los que he tenido el placer de vernos crecer y progresar juntos, una mención especial a David Mangas al que animo a entregar su TFG antes de ser padre.

A mis compañeros de clase, en especial a Jose por enseñarme a integrar, a Silvia porque siempre me echo una mano cuando lo necesite y a Ceci por hacer mucho mejores esas innumerables horas en la biblioteca.

A Abraham, Inés, Patri y Víctor que los conocí en la universidad y hoy son como mi familia.

También quiero mencionar a mis compañeros de piso Ángel que vivió conmigo los últimos exámenes durante la pandemia y a Diego que aunque no pudo estar con nosotros siempre fue uno de mis grandes apoyos.

A mis amigos, por ayudarme a desconectar del día a día en especial.

¡Muchas gracias a todos!

Resumen

El proyecto titulado “PROYECTO DE INGENIERÍA BÁSICA PARA LA INTEGRACIÓN DE ROBOT CON MANIPULADOR” se enmarca en el ámbito de la robótica y el procesamiento y control automatizado de procesos en la industria manufacturera. Este proyecto ha sido propuesto por la empresa Equipos Nucleares S.A, y se desarrolló en sus instalaciones.

El objeto del proyecto es realizar un anteproyecto para la integracción de un robot ABB IRB-4600 con una mesa posicionadora Narducci P-20E. Ambos elementos se encuentran en ENSA trabajando individualmente y el objetivo principal es la integración de ambos equipos con la finalidad de trabajar conjuntamente.

Para ello estudiaremos diferentes formas de solucionar el problema estudiando individualmente tanto el robot como la mesa, así como la comunicación entre ambos. Con este fin se analizarán los sistemas necesarios para el desarrollo de las alternativas de integración que son principalmente detectores de posición (encóders/resolvers), detectores de final de carrera, motores servo controlados (servomotores), PLC y tarjetas de comunicación y E/S.

Una vez realizados los diferentes estudios intentaremos elegir una o varias de las soluciones propuestas, basándonos en aspectos tales como la dificultad técnica de llevarla a cabo, el tiempo de implantación, el grado de modificación necesario de las máquinas y la inversión necesaria para poder llevarlo a cabo.

Summary

The project entitled "PROJECT INTEGRATION OF ROBOT WITH MANIPULATOR" is part of the field of robotics and processing and automated control of processes in the manufacturing industry. This project has been proposed by the company Equipos Nucleares S.A and was developed at its facilities.

The object of the project is to carry out a preliminary project for the integration of an ABB IRB-4600 robot with a Narducci P-20E positioning table. Both elements are working at ENSA individually and the main objective is the integration of both equipment to work together.

To do this, we will study different ways to solve the problem by individually studying both the robot and the table, as well as the communication between them. To this end, the necessary systems will be analysed for the development of integration alternatives, which are mainly position detectors (encoders/resolvers), limit switches, servo-controlled motors (servomotors), PLC and communication and I/O cards.

Once the different studies have been carried out, we will try to choose one or more of the proposed solutions, based on aspects such as the technical difficulty of implementing it, the installation time, the degree of modification necessary to the machines and the investment necessary to be able to execute it.

1. Introducción

1.1. Entorno industrial

ENSA, Equipos Nucleares, S.A., S.M.E, fue constituida el 10 de julio de 1973 con el objetivo de satisfacer las demandas del programa nuclear civil español de fabricación de grandes componentes nucleares. La construcción de la planta, ubicada en Maliaño (Cantabria) al sur de la bahía de Santander y muy próxima a la capital, se realizó durante los años 1975 y 1976, año en el que se iniciaron las operaciones y la fabricación de los primeros componentes para el mercado español.

Equipos Nucleares S.A. es un fabricante y suministrador multisistema de componentes nucleares con experiencia demostrada y reconocido internacionalmente por la calidad de sus productos, alta tecnología de sus innovadores procesos de fabricación y plazos. Cuenta con una amplia experiencia en grandes componentes NSSS (Nuclear Steam Supply System) como generadores de vapor, vasijas de reactor incluyendo sus soportes, internos y tapas, presionadores y tubería principal de refrigeración y otros componentes nucleares como contenedores y bastidores de combustible, cabezales para elementos de combustible, intercambiadores de calor, y utillajes especiales. Cuenta con la infraestructura, la tecnología y el equipo humano adecuados para satisfacer los más altos estándares en las áreas de ingeniería, diseño, aprovisionamientos, garantía de calidad, proyectos, fabricación, inspección y prestación de servicios.

Su centro de operaciones se encuentra en Maliaño (Cantabria). Aquí tiene el Centro de Tecnología Avanzada (CTA), que es el motor tecnológico de ENSA. Se trata de un innovador laboratorio en Cantabria que incluye entre sus funciones tanto la validación y cualificación de los materiales y procesos utilizados durante la fabricación y ensayo de los componentes fabricados por ENSA, como el desarrollo de innovadores y competitivos procesos y automatizaciones. El Centro de Tecnología Avanzada, que comprende las unidades de Laboratorios de Metrología y Ensayo de Materiales, Desarrollo de Soldadura, Automática y Defectología, consta de modernos laboratorios acreditados.

El destacado perfil industrial de Ensa garantiza su presencia en proyectos de gran envergadura como el ITER (Reactor Termonuclear Experimental Internacional), en el que, además de fabricar diferentes segmentos de los sectores tokamak, la empresa ha desarrollado todos los procesos robóticos y automatizados de soldadura e inspección en la unión de estos sectores.

Figura 1 - Fábrica de Equipos Nucleares S.A. en Maliaño. Fuente: Internet

Figura 2 - Logotipo ENSA Fuente: Internet

1.2. Antecedentes

En la empresa Equipos Nucleares S.A se fabrican piezas para centrales nucleares, para las cuales se realizan complejas operaciones de soldadura, en muchos casos estas operaciones de soldadura son realizadas por robots.

La posición ideal para realizar una soldadura es haciendo la operación de soldadura totalmente perpendicular a la pieza, en posición plana, conocida como 1G o PA según norma UNE. Debido a la compleja geometría de algunas piezas esto no es posible

utilizando solo un robot, por eso se utilizan mesas posicionadoras que sujetan la pieza y la posicionan para poder adquirir la posición idónea para realizar la operación.

ENSA dispone de mesas posicionadoras manuales como la que vamos a analizar en este proyecto, y mesas posicionadoras de la marca ABB que están preparadas para funcionar en sincronía con el robot. El problema que surge con estas últimas es que en ENSA se trabaja con piezas de gran tamaño, y no se comercializan posicionadores comerciales que puedan funcionar con piezas tan grandes.

Para solucionar este problema se propuso utilizar una mesa manual y modificarla para que pueda funcionar en sincronía con el robot, equipándola como fuera necesario.

1.2.1. Aclaración sobre posiciones de soldadura

Una posición de soldadura es una técnica mediante la cual un soldador une los metales en las posiciones o ángulos. La posición de soldadura es muy importante ya que afecta el flujo del material de aporte fundido. Es deseable que el operador de soldadura comprenda los tipos de posiciones de soldadura para realizar la tarea sin problemas. Además, en una determinada posición del soldador se realizan diferentes procesos de soldadura. En este artículo, aprenderemos sobre las posiciones de soldadura comunes que se utilizan en la aplicación industrial de la soldadura.

Las pautas y limitaciones con respecto a las posiciones de soldadura en WPS están cubiertas en la Sección IX del Código de calderas y recipientes a presión de ASME.

1.2.2. Tipos de posiciones de soldadura

Algunos procesos de soldadura se pueden realizar en todas las posiciones; mientras que algunos son posibles en una o dos posiciones solamente. Según las posiciones de la junta de soldadura en secciones, la American Welding Society (AWS) y ASME definen cuatro tipos de posiciones de soldadura. Están

- Posición de soldadura plana
- Posición de soldadura horizontal
- Posición de soldadura vertical, y
- Posición de soldadura por encima de la cabeza

La posición de soldadura se define por un número (1 a 6) seguido de una letra de F, G o S. Aquí, la letra “F” significa soldadura de filete, “G” denota soldadura de ranura y “S” se refiere a la soldadura de espárragos. Los números indican las posiciones de soldadura de la siguiente manera:

- “1” indica una posición plana. Por ejemplo, 1F, 1G o 1S
- “2” se refiere a una posición de soldadura horizontal; Ejemplo 2F, 2G o 2S
- “3” denota una posición vertical; Ejemplo 3F o 3G
- “4” denota una posición superior; por ejemplo, 4F, 4G o 4S.
- Las letras “5” y “6” se utilizan específicamente para posiciones de soldadura de tuberías en una posición fija horizontal y una posición inclinada respectivamente. Las posiciones de soldadura de tuberías se discutirán hacia el final del artículo.

<u>Posiciones de soldadura 1G o 1F (posiciones de soldadura planas)</u>

En la posición de soldadura plana 1G o 1F, la soldadura se realiza desde la parte superior de la junta. La cabeza del soldador permanece por encima del cupón de prueba y la cara de soldadura es aproximadamente horizontal. La posición de soldadura plana es más fácil y rápida y el metal fundido es atraído hacia abajo. Una posición de soldadura plana también se conoce como posición de soldadura hacia abajo.

La Figura 3 muestra las posiciones de soldadura utilizadas durante la soldadura.

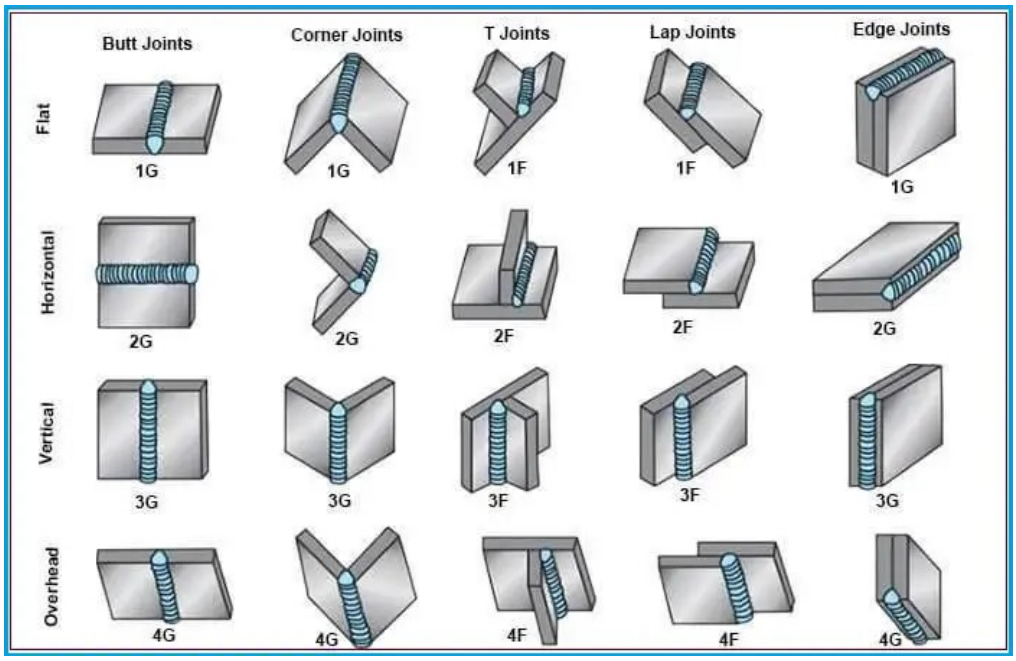


Figura 3 - Posiciones de juntas de soldadura para placa Fuente: Internet

Posiciones de soldadura 2G o 2F (posiciones de soldadura horizontales)

En la posición de soldadura horizontal, el eje de soldadura es casi horizontal. En comparación con una posición de soldadura plana, esta es una posición más difícil para soldar.

La posición de soldadura 2F es para una soldadura de filete donde la soldadura se realiza en el lado superior de una superficie horizontal y contra una superficie aproximadamente vertical manteniendo el soplete de soldadura en un ángulo de 45 grados.

La posición de soldadura 2G es para una soldadura de ranura cuando la cara de soldadura se encuentra en un plano aproximadamente vertical con el eje de soldadura en un plano horizontal.

Posición de soldadura 3G o 3F (posiciones de soldadura verticales)

En la soldadura en posición vertical, el eje de soldadura es casi vertical. Tanto la soldadura como la placa quedarán en posición vertical. Para soldar superficies verticales, el metal fundido corre hacia abajo por gravedad y se amontona. La soldadura en posición vertical hacia arriba o hacia abajo puede resolver este problema. Además, al apuntar la llama hacia arriba en un ángulo de alrededor de 45 grados con respecto a la placa, se puede controlar el flujo de metal. La posición de soldadura 3G se usa para soldadura de ranura y la 3F se usa para soldadura de filete.

Posición de soldadura 4G o 4F (posición de soldadura por encima de la cabeza)

Cuando la soldadura se realiza desde la parte inferior de la unión, se conoce como posición de soldadura por encima de la cabeza. Es la posición más difícil de trabajar para un soldador y la más complicada. La posición de soldadura 4G se refiere a la soldadura de ranura y 4F indica soldadura de filete.

En las posiciones de soldadura por encima de la cabeza, el metal depositado tiende a caer o combarse sobre la placa, lo que da como resultado un cordón con una corona alta. Para deshacerse de esta dificultad, el charco fundido debe mantenerse pequeño. Cuando el charco se vuelve demasiado grande, se puede quitar la llama momentáneamente para que el metal fundido se enfríe.

1.2.3. Posiciones de soldadura de tuberías

Las posiciones de soldadura mencionadas anteriormente, es decir, plana, horizontal, vertical y superior, son los tipos más básicos de posiciones de soldadura que se utilizan para soldar placas. Sin embargo, estos no describen completamente las posiciones de soldadura de

tuberías. En lo que respecta a la soldadura de tuberías, existen cuatro tipos de posiciones de soldadura de tuberías. Están:

- Posición de soldadura de tubería enrollada horizontal 1G
- Posición Vertical 2G
- Posición fija horizontal 5G, y
- Posición de soldadura inclinada 6G

<u>Posiciones de soldadura de tuberías 1G</u>

La posición de soldadura 1G es la posición de soldadura de tubería más fácil ya que la tubería está en posición horizontal. En una posición de soldadura de tubería 1G, la tubería se puede girar contra su eje horizontal (eje X). El soldador realiza la soldadura de tuberías desde la parte superior sin cambiar su posición mientras la tubería gira lentamente manualmente o con un equipo. Pipe Weld Position 1G es la soldadura de tuberías más básica.

La imagen de la Fig. 2 a continuación explica todas las posiciones de soldadura de tuberías.

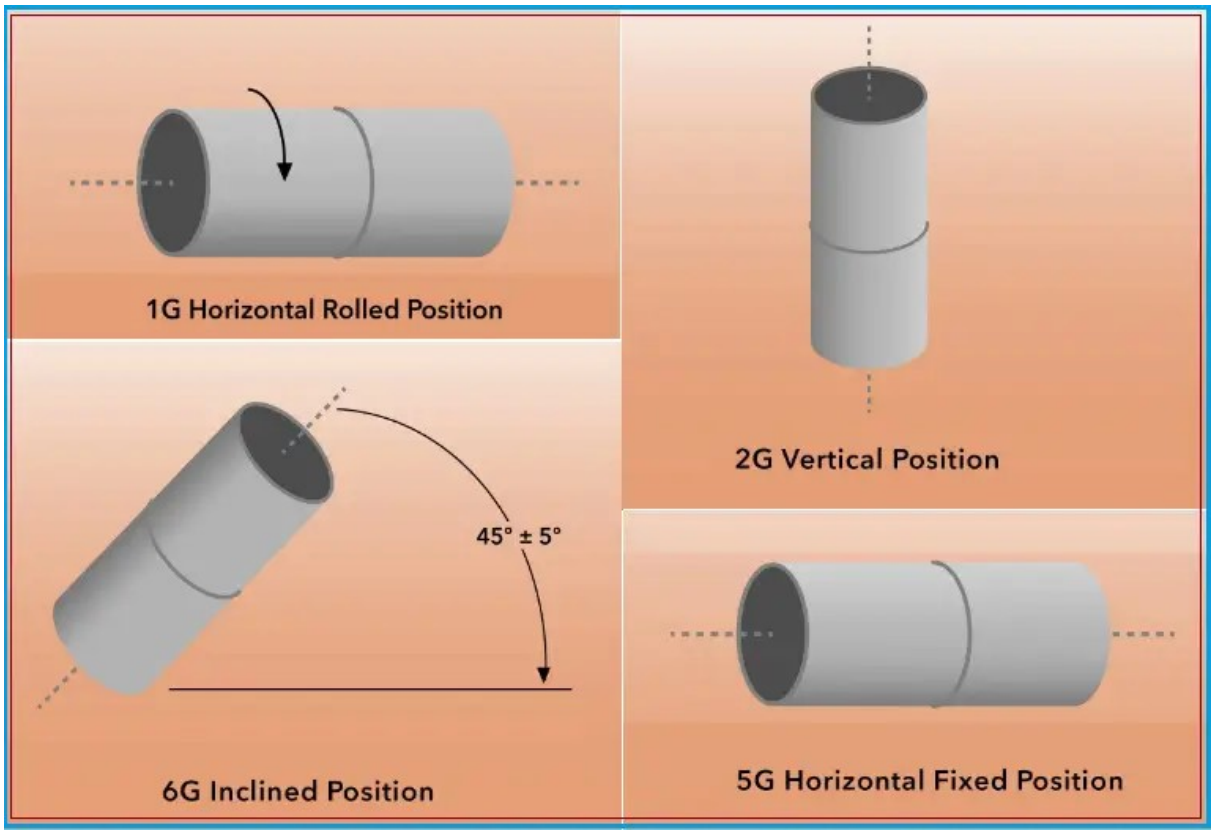


Figura 4 - Posiciones de soldadura de tuberías Fuente: Internet

Posiciones de soldadura de tuberías 2G

En la posición de soldadura de tubería 2G, la tubería estará en posición vertical (eje de la tubería en la dirección Y) y el eje de soldadura en la dirección horizontal. El soldador realiza la soldadura desde el lateral permaneciendo inmóvil o moviéndose alrededor de la tubería. El método de soldadura es fácil en el caso de una posición de soldadura de tubería 2G y se suelda con mayor frecuencia mediante el método de revés.

Posiciones de soldadura 5G

La posición de soldadura de tuberías 5G es una posición de soldadura en la que el eje de la tubería se fija en una posición horizontal y el operador suelda verticalmente hacia abajo o hacia arriba. En esta posición de soldadura, la tubería se mantiene fija y no se puede girar, a diferencia de la soldadura 1G. La posición de soldadura 5G es difícil ya que la tubería no se puede girar.

Posiciones de soldadura 6G

En la posición de soldadura de tuberías 6G, la soldadura se realiza en una tubería inclinada. La pendiente de la tubería es normalmente de 45 grados desde un eje horizontal o vertical. Las posiciones de soldadura 6G, al ser las posiciones de soldadura de tuberías más difíciles, requieren soldadores certificados y con mucha experiencia. La tubería permanece fija y el operador necesita moverse alrededor de la tubería para soldar. Esta es la posición de soldadura de tuberías más desafiante y compleja para los soldadores.

Hay otra forma conocida como 6GR donde la soldadura se realiza en forma de anillo colocando una placa de acero debajo de la soldadura con un espacio de 1 pulgada. Este requisito surge cuando se sueldan tuberías cerca de impedimentos como paredes, ménsulas u otras estructuras.

1.3. Objetivos

Para este proyecto se han marcado diferentes objetivos. El principal es conseguir la integración del posicionador y el robot en un solo sistema, comunicando entre sí para que el robot sea capaz de reconocer su posición en tiempo real y adaptar sus trayectorias de programa en función de esta.

Una vez logrado ese objetivo se quiere explorar otras posibilidades, como que se modifique la trayectoria al mismo tiempo que la mesa se mueve, es decir conseguir una sincronización total entre los elementos, o poder actuar sobre la mesa desde el programa del robot y

controlarla completamente, para así poder colocar la mesa de forma automática y optimizada para el proceso de fabricación necesario en cada momento.

1.4. Planificación

En primer lugar, se hace un reconocimiento visual tanto del robot como del posicionador.

Una vez realizado este reconocimiento, lo primero que se debe plasmar es la información que necesitan intercambiar entre robot y posicionador y la instrumentación y equipos que se tienen que implementar para poder recopilar y transmitir esa información. En este apartado entra la lectura de posición de la mesa mediante detectores de posición.

A continuación, una vez definida la información que se quiere enviar al robot y los sensores mediante los que se obtiene, el siguiente paso es establecer un método de comunicación entre la instrumentación y el robot para que éste último pueda interpretar los datos recopilados de forma adecuada para trabajar con ellos.

Por último, una vez estén definidas el tipo y el lugar de almacenamiento de las señales de entrada del robot donde se envían los datos recopilados por los sensores, se analizará la manera en la que se procesarán esos datos y se gestionarán las acciones necesarias del sistema robot-posicionador en conjunto para el óptimo funcionamiento.

Tras esto, se realizarán las puestas en marcha del sistema en conjunto, realizando las pruebas pertinentes y los ajustes necesarios para obtener el óptimo funcionamiento y sincronización de los equipos robot y posicionador.

Una vez realizado el procesamiento, robot y posicionador podrán trabajar en sincronía.

Figura 5 - Diagrama de flujo planificación del proyecto

2. Memoria

2.1. Memoria general

2.1.1. Alcance y contenido del proyecto

El alcance este proyecto se extiende a la integración de una mesa posicionadora con un robot manipulador de 6 ejes, con el objetivo de sincronizarlos entre sí.

El objeto del presente pliego de condiciones es definir los requisitos, generales y técnicos, que se deben cumplir en el diseño del sistema.

2.1.2. Normas aplicables

Además de las condiciones que se especifican en el siguiente pliego, se tendrán en consideración, las normas aplicables a este diseño. La normativa respectiva vigente para los robots industriales:

- UNE-EN ISO 10218-1:2011 Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 1: Robots.

- UNE-EN ISO 10218-2:2011 Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 2: Sistemas robot e integración.

- ISO/TR 13309:1995 Manipulación de robots industriales. Guía informativa sobre los equipos de ensayo y métodos de metrología de operación para la evaluación del desempeño del robot de acuerdo con la norma ISO 9283.

- ISO 9283:1998 Robots manipuladores industriales. Criterios de análisis de prestaciones y métodos de ensayo relacionados.

- ISO 9409-1:2004 Manipulación de robots industriales. Interfaces mecánicas. Parte 1: Placas.

- ISO 9409-2:2002 Manipulación de robots industriales. Interfaces mecánicas. Parte 2: Ejes.

- ISO 9787:2013 Robots y dispositivos robóticos. Sistemas de coordenadas y nomenclaturas de movimiento.

- ISO 13482:2014 Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots para el cuidado personal.

- ISO 8373:2012 Robots y dispositivos robóticos. Vocabulario.

- ISO 14539:2000 Robots manipuladores industriales. Transporte de objetos con dispositivos de agarre tipo empuñadura. Vocabulario y presentación de características.

2.2. Memoria técnica

2.2.1. Robot

El modelo que deberá utilizarse es un ABB modelo IRB 4600 o similar. Particularmente, el citado modelo consta de las siguientes características:

El IRB 4600 es un robot industrial de 6 ejes diseñado específicamente para industrias de fabricación que utilizan una automatización flexible basada en robots. El robot tiene una estructura abierta especialmente adaptada para un uso flexible y presenta unas grandes posibilidades de comunicación con sistemas externos.

El IRB 4600 está disponible en distintas variantes diferentes.

2.2.2. Mesa

La mesa que se deberá utilizar debe ser una mesa posicionadora válida para trabajos de soldadura. Debe contar con una estructura robusta y fija apoyada sobre el suelo y un brazo móvil. En la punta del brazo móvil debe tener un pivote de rotación y, sobre este, una mesa giratoria.

2.2.3. Equipos adicionales

Se deberán utilizar equipos adicionales como encóders o resólvers que monitoricen la posición en tiempo real de la mesa con exactitud. El objetivo de estos equipos es controlar en todo momento la posición de la mesa para realizar los trabajos requeridos con éxito.

3. Equipos

3.1. Descripción del robot

El robot que utilizaremos será de la marca ABB el modelo IRB-4600-20/2.50. Tiene una capacidad de carga en la herramienta de 20kg y un alcance de 2.50m. Este manipulador cumple con la norma de protección IP67 y está preparado para trabajar en entornos con una temperatura de 5 a 45ºC.

Se utiliza este modelo de robot porque es el que se dispone en ENSA para la realización de nuevos proyectos de soldadura sincronizada con ejes externos debido a sus características.

La serie IRB 4600 es la serie pionera de ABB Robotics en la nueva generación de alta precisión con capacidades mejoradas y añadidas. Su diseño ha sido optimizado para conseguir unas prestaciones superiores para las aplicaciones específicas. El IRB 4600 se centrará en la expansión futura en aplicaciones como manejo de materiales, servicio a máquinas, corte con láser y chorro de agua, dispensación, medición, montaje y soldadura.

Esto se aprecia mejor en las Figuras 6 y 7.

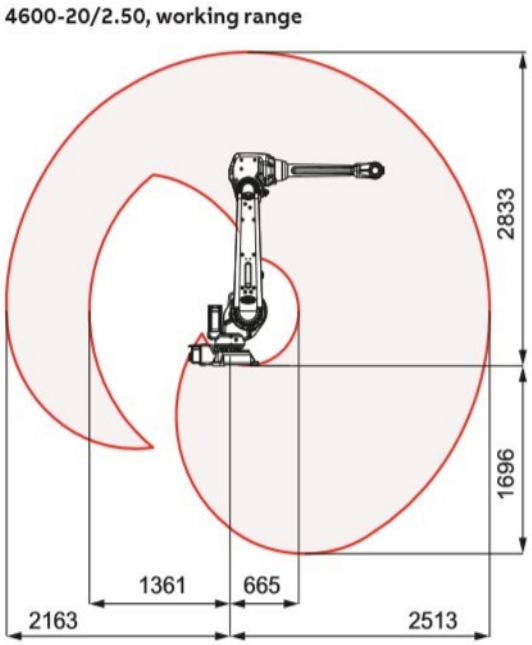


Figura 6 - Área de trabajo del robot IRB 4600-20/2.50

Figura 7 - Robot ABB IRB 4600-20/2.50 Fuente: Internet

3.2. Descripción del controlador del robot

Para controlar el robot necesitaremos una cabina controladora, en este caso elegiremos la controladora ABB IRC5.

Figura 8 - Controlador ABB IRC5 Fuente: Internet

Es el que regula cada uno de los movimientos del brazo robótico, las acciones, cálculos y procesado de la información. El controlador recibe y envía señales a otras máquinas (por medio de señales de entrada/salida), entre ellas el robot y los posicionadores externos controlados por este, así como todos los equipos con los que se establezca un bus de comunicación, y almacena programas. Este controlador está disponible en diferentes tamaños y con distintas características en función de las necesidades de la aplicación que

se vaya a desarrollar. El que se utiliza en este proyecto con el Robot IRB4600 es el controlador IRC5 Compact. Es un controlador de robot que contiene los elementos electrónicos necesarios para controlar el manipulador, los ejes adicionales y los equipos periféricos. Consiste en un único aparato de medidas 258x450x565mm y 27.5 kg de peso.

El controlador está provisto de los siguientes módulos:

Módulo de accionamiento: que contiene el sistema de accionamiento que proporciona la energía necesaria a los motores.

Módulo de control: que contiene el ordenador, el panel de control, el interruptor de alimentación, las interfaces de comunicación, una tarjeta de entradas y salidas digitales, la conexión para FlexPendant, los puertos de servicio y cierto espacio libre para equipos del usuario. El controlador también contiene el software de sistema, es decir, que incluye todas las funciones básicas de manejo y programación (RAPID).

El FlexPendant es el elemento encargado de comunicar al hombre con la máquina y viceversa. Consiste en un mando, con una pantalla táctil y distintos botones con los que poder programar, configurar, e incluso monitorizar el estado del robot.

El flujo habitual de trabajo con el robot IRB4600 es realizar un programa en lenguaje RAPID, simularlo en RobotStudio y cargarlo en el controlador IRC5 para ejecutarlo posteriormente sobre el robot real.

3.3. Descripción del software

El software utilizado será Robotstudio el cual permite crear, programar y simular células y estaciones de robots industriales ABB. Simulador comercial potente, con diversas características y capacidades como la creación automática de cualquier tipo de estación, importación de geometrías y modelos 3D de cualquier formato (RobotStudio trabaja sobre CATIA), programación y simulación cinemática de las estaciones, facilidad de diseño y creación de células robóticas (robot y dispositivos). Permite exportar los resultados obtenidos en simulación a la estación real.

También podemos conectarnos al robot deseado y trabajar de forma “online”, realizando los ajustes necesarios y transfiriéndoselos al robot rápidamente.

RobotStudio nos da mucha flexibilidad a la hora de realizar programas más complejos y elaborados gracias a su lenguaje RAPID. Además, trae muchas funciones ya preconfiguradas que podemos aplicar en nuestro desarrollo para seguimiento de transportadores que comentaremos más adelante.

3.4. Descripción de la mesa

3.4.1. Descripción técnica

La máquina, posicionador de mesa serie P20E, suministrada por A.Narducci S.p.A. está destinada al desplazamiento de piezas axiales-simétricas o no, fijadas fuerte y rígidamente a la mesa de la máquina, para la soldadura manual y automática de la pieza.

El posicionador de mesa giratoria e inclinable está formado por una estructura resistente diseñada para soportar la carga que se encuentra en la mesa, evitando fenómenos como vibraciones y / o deformaciones elásticas durante las fases de trabajo, para permitir la realización de un proceso de soldadura de la pieza que se ha colocado en la mesa de la máquina.

El posicionador de mesa está formado por una estructura fija que se apoya en el suelo mediante dos pies y placa de base, que garantizan la estabilidad necesaria, de una estructura móvil constituida por dos brazos conectados entre ellos y de un grupo de mesa compuesto de la mesa giratoria y el correspondiente soporte con pivote de rotación.

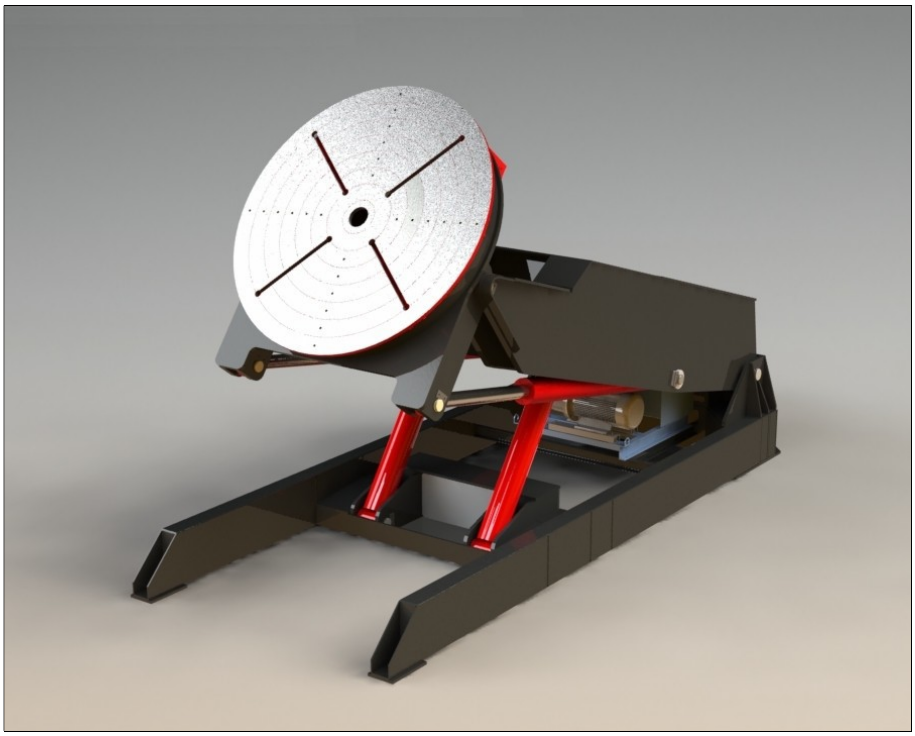


Figura 9 - Mesa posicionadora Narducci Fuente: Internet

La regulación de la altura se obtiene mediante estructura elevable, unida a la estructura fija de la máquina y, en la parte delantera, sostenida por un cilindro oleodinámico fijado en la base de la máquina, que realiza la rotación de la estructura basculante y, por consiguiente, de la variación de la altura del grupo portamesa al que está sujeto.

La inclinación del grupo mesa se obtiene mediante dos cilindros oleodinámicos que, unidos en el interior de la estructura basculante de elevación y en los extremos opuestos en la estructura portamesa, realizan la inclinación.

La mesa portapieza está provista de ranuras radiales para la fijación de la pieza durante el mecanizado.

La rotación de la mesa se obtiene montando la misma sobre un pivote, el movimiento se realiza a través de un motorreductor, el piñón de salida engrana en la parte dentada interna del pivote.

Los pistones oleodinámicos que realizan la elevación e inclinación están alimentados por la centralita hidráulica ubicada en la máquina, aplicando válvulas de bloqueo se evitan posibles movimientos incontrolados de la estructura en caso de daños a los tubos de conducción del aceite.

El reductor que realiza la rotación esta accionado por un motor de corriente alterna (CA) que se regula a través de un inversor. La presencia del freno electromecánico convierte el cinematismo en irreversible para evitar movimientos no deseados de la pieza.

Con el fin de obtener un control óptimo de la rotación, el equipo de rotación de la mesa lleva codificador e inversor vectorial para realizar un control de lazo cerrado apto para estabilizar la velocidad de rotación también en presencia de cargas excéntricas y / o con régimen de rotación muy reducido.

El equipo eléctrico de alimentación, de mando y control está constituido por un cuadro eléctrico, en el cual están instalados todos los componentes necesarios para el funcionamiento de la máquina y por un cuadro de mando para el control a distancia de la máquina. El cuadro eléctrico está ubicado en la parte trasera de la máquina, en una posición protegida.

Como opción se puede obtener un panel de pedales de control para el mando de rotación de la mesa.

Los datos técnicos mencionados a continuación son obtenidos de la hoja de especificaciones de la mesa.

3.4.2. Dimensiones de la mesa

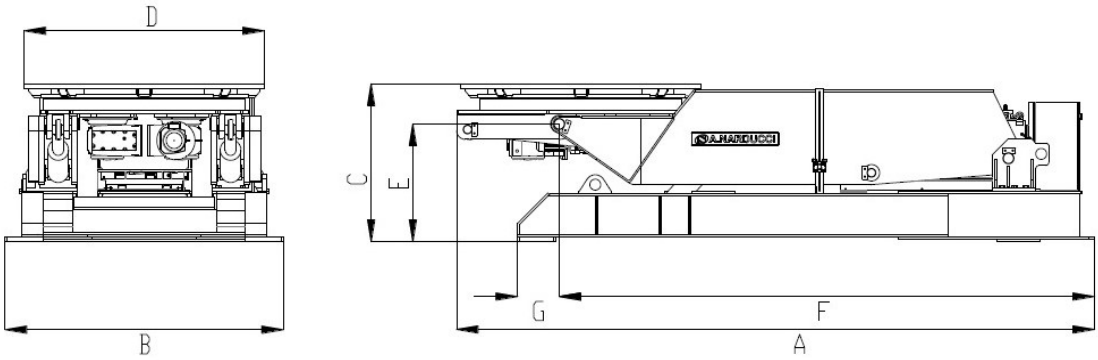


Figura 10 - Dimensiones 1 de la mesa posicionadora Fuente: Internet

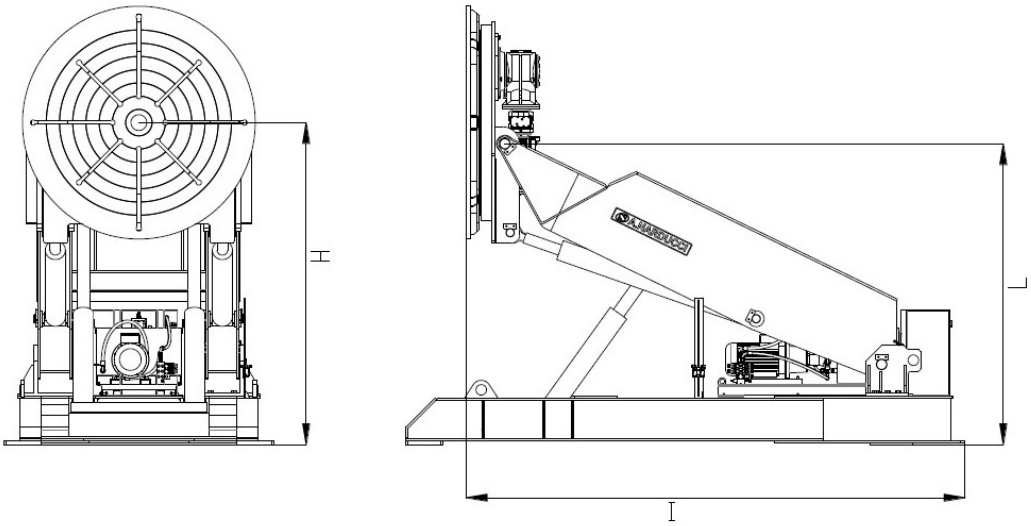


Figura 11 - Dimensiones 2 de la mesa posicionadora Fuente: Internet

Dimensiones	Unidad	Valor
A	**mm**	4.930
B	**mm**	2.310
C	**mm**	1.630
D	**mm**	2.000
E	**mm**	1.230
F	**mm**	4.029
G	**mm**	0.105
H	**mm**	2.900
I	**mm**	3.840
L	**mm**	2.510

Tabla 1 - Dimensiones de la mesa posicionadora

3.4.3. Esquemas eléctricos

Los elementos que hacen que la mesa accione se mencionan en los siguientes esquemas eléctricos de fuerza o potencia, obtenidos de la hoja de especificaciones de ella. Estos elementos son los que se van a controlar con los equipos que se incorporen al sistema.

Para apreciar mejor los esquemas eléctricos, se pueden observar las Figuras 12 – 17, las cuales fueron solicitadas a la empresa Narducci S.p.A., quienes dieron autorización para el uso de los diferente planos.

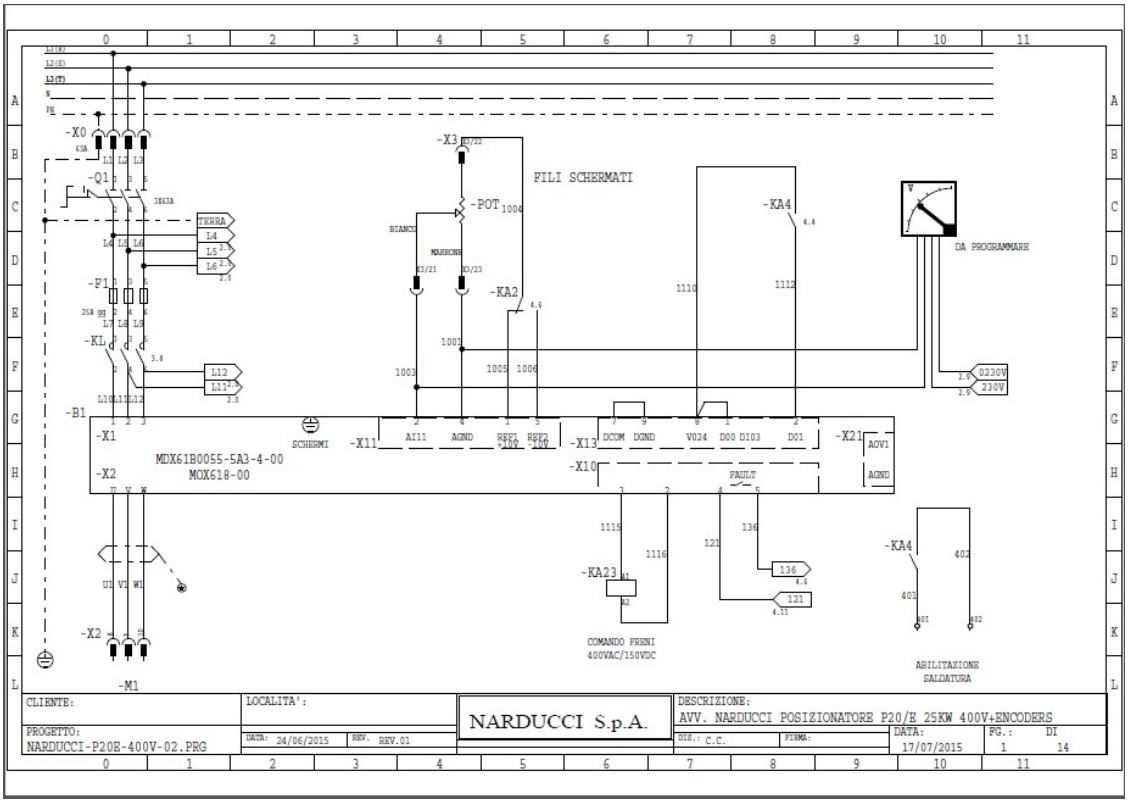


Figura 12 - Esquema eléctrico página 1 mesa.

Fuente: Narducci S.p.A. (2015). Datos autorizados por la empresa.

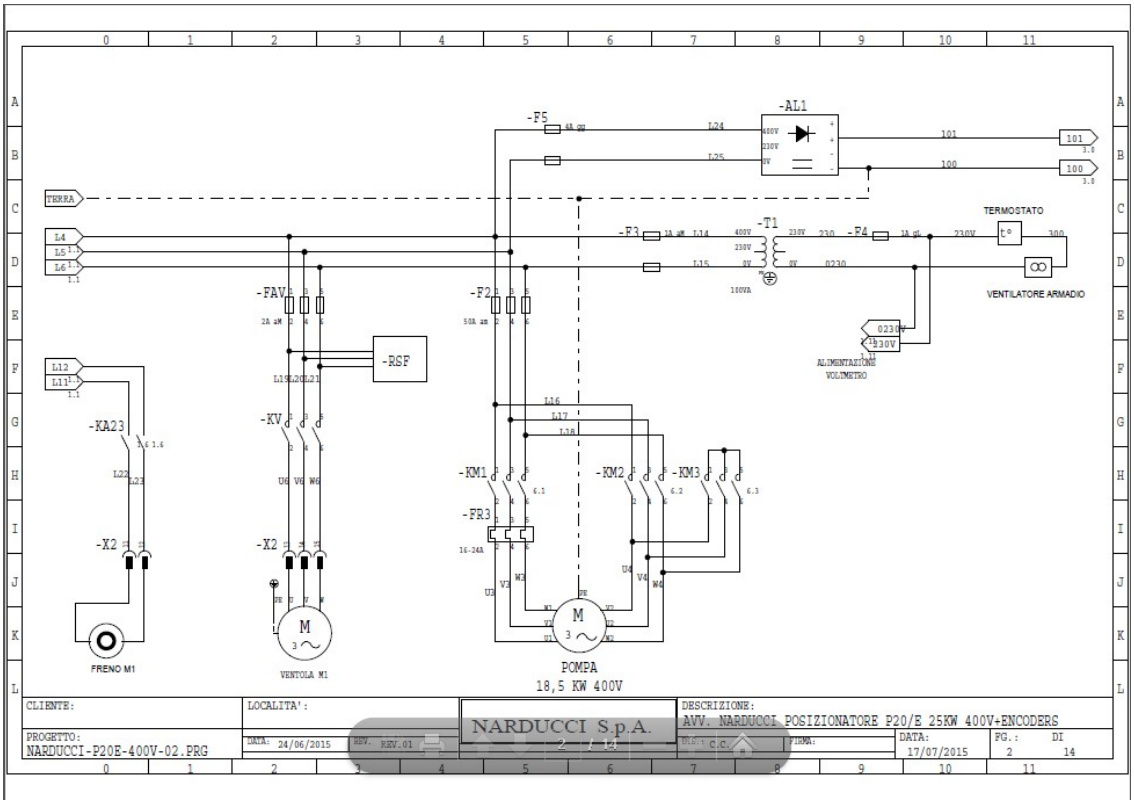


Figura 13 - Esquema eléctrico página 2 mesa.

Fuente: Narducci S.p.A. (2015). Datos autorizados por la empresa.

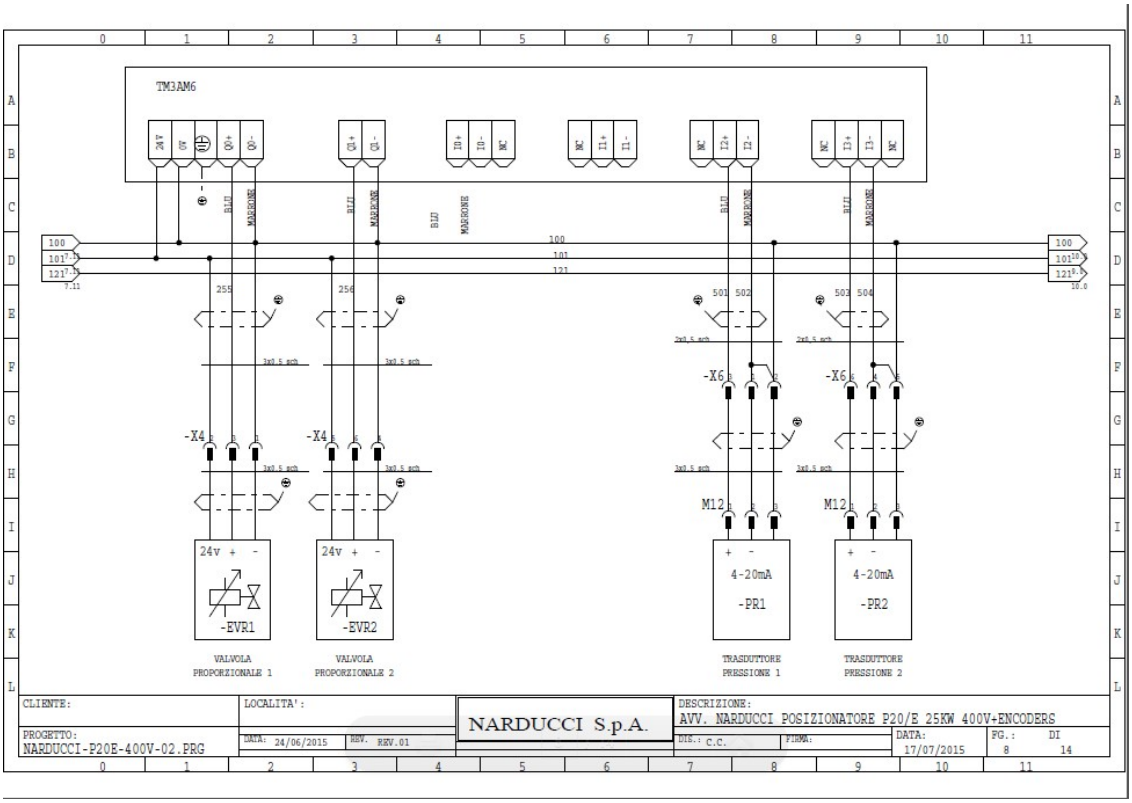
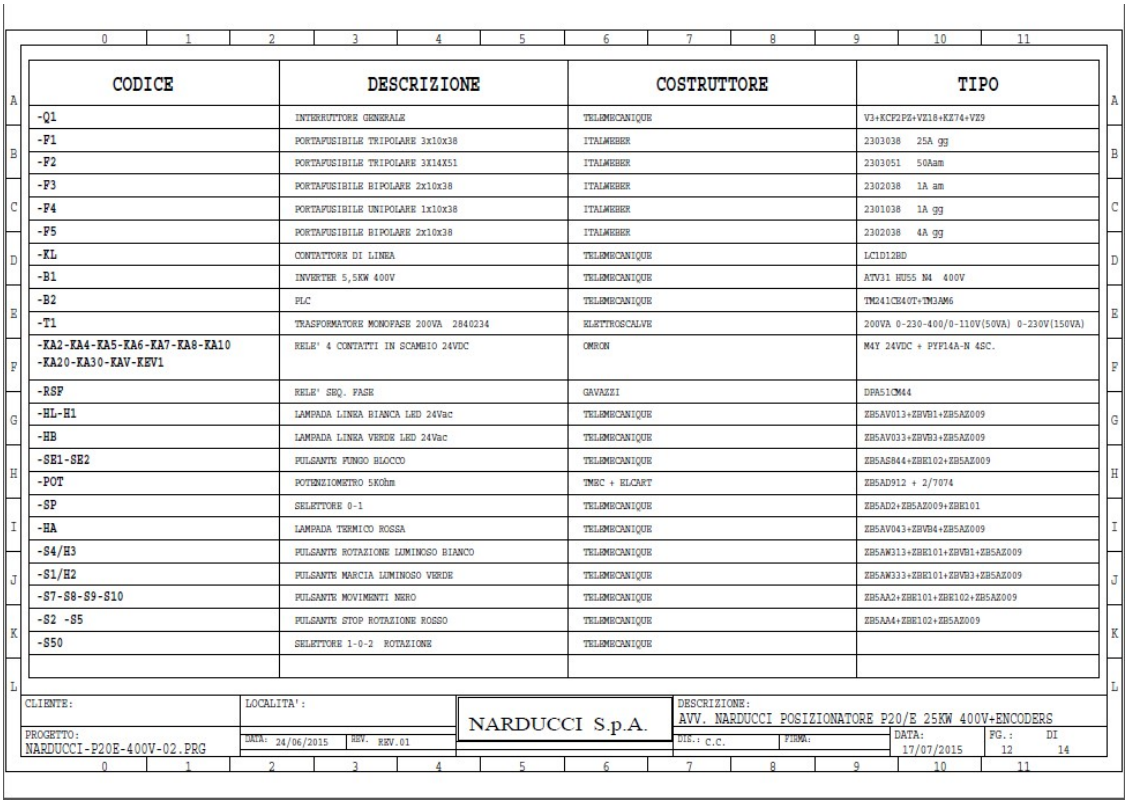


Figura 14 - Esquema eléctrico página 3 mesa.

Fuente: Narducci S.p.A. (2015). Datos autorizados por la empresa.



CODICE	DESCRIZIONE	COSTRUTTORE	TIPO
-Q1	INTERRUTTORE GENERALE	TELEMECANIQUE	V3+KCF2PZ+VZ18+KZ74+VZ9
-F1	PORTAFUSIBILE TRIPOLARE 3x10x38	ITALWEBER	2303038 25A gg
-F2	PORTAFUSIBILE TRIPOLARE 3X14X51	ITALWEBER	2303051 50Aam
-F3	PORTAFUSIBILE BIPOLARE 2x10x38	ITALWEBER	2302038 1A am
-F4	PORTAFUSIBILE UNIPOLARE 1x10x38	ITALWEBER	2301038 1A gg
-F5	PORTAFUSIBILE BIPOLARE 2x10x38	ITALWEBER	2302038 4A gg
-KL	CONTATTORE DI LINEA	TELEMECANIQUE	LC1D12BD
-B1	INVERTER 5,5KW 400V	TELEMECANIQUE	ATV31 HU55 N4 400V
-B2	PLC	TELEMECANIQUE	TM241CE40T+TMAAM6
-T1	TRASFORMATORE MONOFASE 200VA 2840234	ELETTROSCALVE	200VA 0-230-400/0-110V(50VA) 0-230V(150VA)
-KA2-KA4-KA5-KA6-KA7-KA8-KA10 -KA20-KA30-KAV-KEV1	RELE' 4 CONTATTI IN SCAMBIO 24VDC	OMRON	M4Y 24VDC + PYF14A-N 4SC.
-RSF	RELE' SEQ. FASE	GAVAZZI	DPA51CM44
-HL-H1	LAMPADA LINEA BIANCA LED 24Vac	TELEMECANIQUE	ZB5AV013+ZBVB1+ZB5AZ009
-HB	LAMPADA LINEA VERDE LED 24Vac	TELEMECANIQUE	ZB5AV033+ZBVB3+ZB5AZ009
-SE1-SE2	PULSANTE FUNGO BLOCCO	TELEMECANIQUE	ZB5AS844+ZBE102+ZB5AZ009
-POT	POTENZIOMETRO 5Kôhm	TMEC + ELCART	ZB5AD912 + 2/7074
-SP	SELETTORE 0-1	TELEMECANIQUE	ZB5AD2+ZB5AZ009+ZBE101
-HA	LAMPADA TERMICO ROSSA	TELEMECANIQUE	ZB5AV043+ZBVB4+ZB5AZ009
-S4/H3	PULSANTE ROTAZIONE LUMINOSO BIANCO	TELEMECANIQUE	ZB5AW313+ZBE101+ZBVB1+ZB5AZ009
-S1/H2	PULSANTE MARCIA LUMINOSO VERDE	TELEMECANIQUE	ZB5AW333+ZBE101+ZBVB3+ZB5AZ009
-S7-S8-S9-S10	PULSANTE MOVIMENTI NERO	TELEMECANIQUE	ZB5AA2+ZBE101+ZBE102+ZB5AZ009
-S2 -S5	PULSANTE STOP ROTAZIONE ROSSO	TELEMECANIQUE	ZB5AA4+ZBE102+ZB5AZ009
-S50	SELETTORE 1-0-2 ROTAZIONE	TELEMECANIQUE	

Figura 15 - Lista de materiales 1 esquemas eléctricos mesa.

Fuente: Narducci S.p.A. (2015). Datos autorizados por la empresa.

CODICE	DESCRIZIONE	COSTRUTTORE	TIPO
-KM1	TELERUTTORE LINEA POMPA	TELEMECANIQUE	LC1D25BD
-KM2	TELERUTTORE TRIANGOLO POMPA		LC1D25BD
-KM3	TELERUTTORE STELLA POMPA		LC1D18BD
-FR3	RELE' TERMICO	TELEMECANIQUE	LRD22 16-24A
-KA23-KAV	MINITELERUTTORE 24VDC	TELEMECANIQUE	LP1K0901BD
-AL1	ALIMENTATORE SWITCHING	CABUR	XCSW120C 5A 24VDC
-C1	VOLMETRO VISUALIZZATORE GIRI	ELCOTEC	GV163
-V1	VENTOLA RAFFREDDAMENTO	EXOM	DIAM 120 230VAC
CASSA	800X800X400	CAM	
-X0	SPINA DA PARETE 90°	GEWISS	GV61452 3P+T 63A 400V
-X1	PRESA / SPINA 10 POLI 16A	WEIDMULLER	174577+174583+120500+165407
-X2	PRESA / SPINA 24 POLI 16A	WEIDMULLER	174579+174585+166123+121240
-X3	PRESA / SPINA 24 POLI 16A	WEIDMULLER	174579+174585+166123+121240
-X4	PRESA / SPINA 24 POLI 16A	WEIDMULLER	174579+174585+166239+121390
-X5	PRESA / SPINA 6 POLI	WEIDMUELLER	144576+174582+120210+165252
-X6	PRESA / SPINA 6 POLI	WEIDMUELLER	144576+174582+120210+165252
-X7	CUSTODIA PASSANTE+VOLANTE 6 POLI	WEIDMUELLER	120210+165252

CLIENTE: | LOCALITA': | DESCRIZIONE: NVV. NARDUCCI POSIZIONATORE P20/E 25KW 400V+ENCODERS

PROGETTO: NARDUCCI-P20E-400V-02.PRG | DATA: 24/06/2015 | REV. REV.01 | C.C. | FIRMA: | DATA: 17/07/2015 | FG.: 13 | DI 14

NARDUCCI S.p.A. 13 / 14

Figura 16 - Lista de materiales 2 esquemas eléctricos mesa.

Fuente: Narducci S.p.A. (2015). Datos autorizados por la empresa.

CODICE	DESCRIZIONE	COSTRUTTORE	TIPO
-A1 -A2	ENCODER ASSOLUTO MISURAZIONE SPOSTAMENTO BRACCIO ELEVAZIONE E TAVOLA		
-EV1	EV ABILITAZIONE		
-EV2	EV SALITA ELEVAZIONE		
-EV3	EV DISCESA ELEVAZIONE		
-EV4	EV SALITA TAVOLA		
-EV5	EV DISCESA TAVOLA		
-FCV	FINE CORSA RUBINETTO OLIO		
-FC3	FINE CORSA SALITA ELEVAZIONE		
-FC4	FINE CORSA DISCESA ELEVAZIONE		
-FC5	FINE CORSA SALITA ORIENTAMENTO		
-FC6	FINE CORSA DISCESA ORIENTAMENTO		
-PR1	TRASDUTTORE PRESSIONE CILINDRO ELEVAZIONE		
-PR2	TRASDUTTORE PRESSIONE CILINDRO ORIENTAMENTO		
-EVR1	EV PROPORZIONELA 1		
-EVR2	EV PROPORZIONALE 2		

CLIENTE: | LOCALITA': | DESCRIZIONE: NVV. NARDUCCI POSIZIONATORE P20/E 25KW 400V+ENCODERS

PROGETTO: NARDUCCI-P20E-400V-02.PRG | DATA: 24/06/2015 | REV. REV.01 | C.C. | FIRMA: | DATA: 17/07/2015 | FG.: 14 | DI 14

NARDUCCI S.p.A. 14 / 14

Figura 17 - Lista de materiales 3 esquemas eléctricos mesa.

Fuente: Narducci S.p.A. (2015). Datos autorizados por la empresa.

3.4.4. Esquema hidráulico

El esquema hidráulico correspondiente a la mesa sería, por tanto, el que se muestra en la Figura 18, cuyas descripciones y leyendas se exponen seguidamente en la Figura 19, de la página 2 del esquema hidráulico. La exposición de estas figuras también fue autorizada por la empresa.

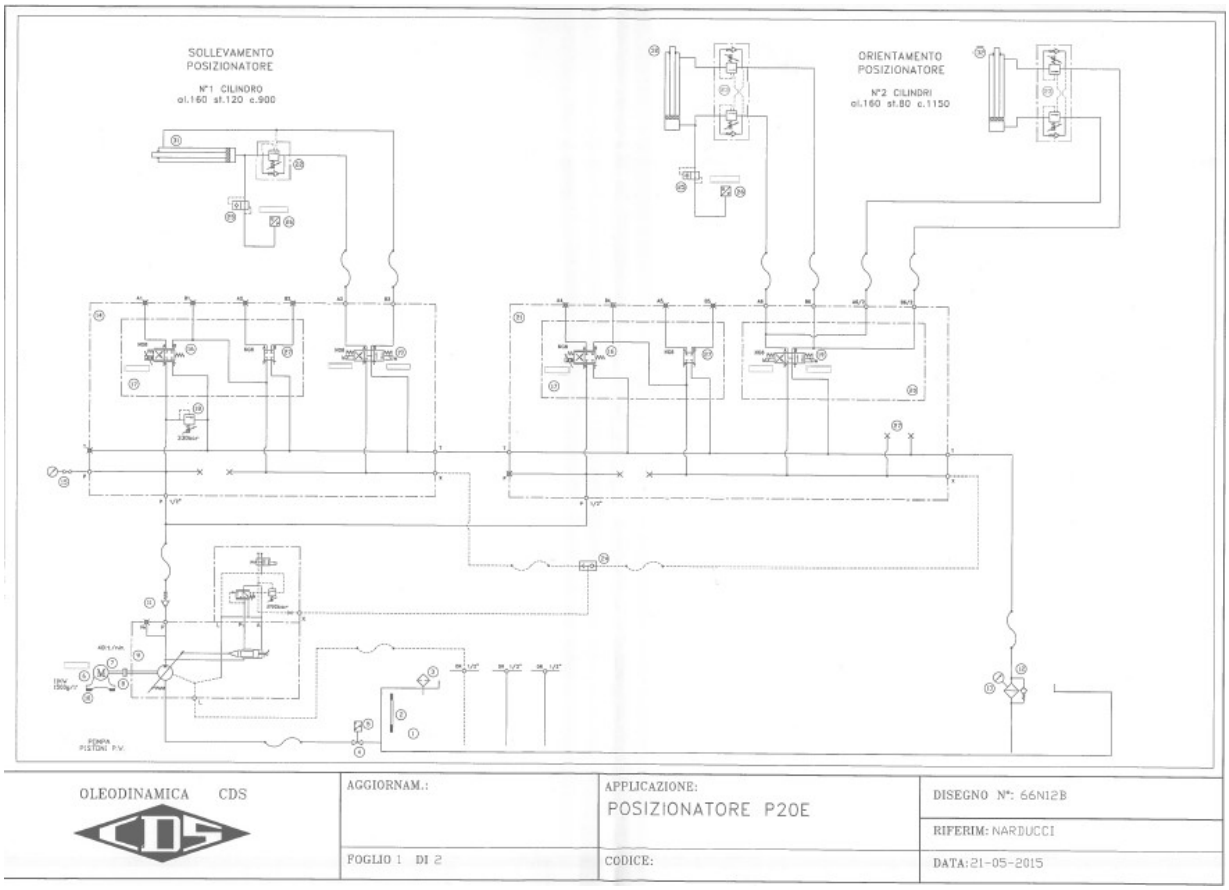


Figura 18 - Esquema hidráulico página 1 mesa.

Fuente: Narducci S.p.A. (2015). Datos autorizados por la empresa.

POS.	DESCRIZIONE	CODICE	COSTRUTTORE	Q.TA'
01	SERBATOIO RESERVOIR	180 lt a disegno	CDS	1
02	INDICATORE DI LIVELLO LEVEL GAUGE	LG2T	OMT	1
03	BOCCA DI CARICO CON FILTRO ARIA FILLING CAP WITH AIR FILTER	TR-2D	OMT	1
04	VALVOLA D'INTERCETTAZIONE INTERCEPTOR VALVE	a sfera da 1" F./F. passaggio totale	AIRAGA	1
05	SENSORE DI PROSSIMITA' PROXIMITY SWITCH	3SE51120CA00 + 3SE50000AE01	SIEMENS	1
06	MOTORE ELETTRICO ELECTRIC MOTOR	11KW 4 POLI B3/B5 IE3 400/660V 50HZ	MARELLI	1
07	CAMPANA BELL HOUSING	L35C-100B	OMT	1
08	GIUNTO COUPLING	OMT5110C51 + POL-5 + OMT5050D34	OMT	1
09	POMPA A PISTONI A PORTATA VARIABILE VARIABLE DISPLACEMENT PISTON PUMP	PV 028 R1K1T1N MFW limitare Q a 30 lt./min.	PARKER	1
10	ANTIVIBRANTE VIBRATION DAMPER	ø80 filetto M12 altezza 50 mm	CDS	4
11	VALVOLA DI RITEGNO CHECK VALVE	RV 12	HYDAC	1
12	FILTRO SU LINEA RITORNO RETURN LINE FILTER	MPF 100 2AG3 P10NB elemento: MF1002P10NB	MP FILTRI	1
13	INDICATORE D'INTASAMENTO INDICATOR OF CLOGGING	VI	MP FILTRI	1
14	BLOCCO DI BASE MANIFOLD BLOCK	FBA 316 SV	CDS	1
15	MANOMETRO CON ESCLUSORE PRESSURE GAUGE WITH ISOLATOR	FT 290 - 0-400 radiale	CDS	1
16	DISTRIBUTORE PROPORZIONALE CETOP 3 PROPORTIONAL D.C. VALVE CETOP 3	D1FB E01H E0N F03	PARKER	2

POS.	DESCRIZIONE	CODICE	COSTRUTTORE	Q.TA'
17	PIASTRINA D'ADATTAMENTO ADAPTOR PLATE	C001-103 da forare	CDS	2
18	VALVOLA DI CONTROLLO PRESSIONE PRESSURE CONTROL VALVE	RDM2 PT 35 SVG	PARKER	1
19	ELETTRODISTRIBUTORE CETOP 3 CETOP 3 DIRECTIONAL CONTROL VALVE	D1VW 004C NJW	PARKER	2
20	PIASTRINA D'ADATTAMENTO ADAPTOR PLATE	C001-103	CDS	1
21	BLOCCO DI BASE MANIFOLD BLOCK	FBA 318 SV	CDS	1
22	VALVOLA DI BILANCIAMENTO COUNTERBALANCE VALVE	FPO 50 D-1/2-L-35	FLUID PRESS	1
23	VALVOLA DI BILANCIAMENTO COUNTERBALANCE VALVE	FPO 50 D-1/2-L-35	FLUID PRESS	2
24	VALVOLA SELETTRICE SELECTOR VALVE	MD000001	ATLANTIC F.T.	1
25	VALVOLA DI BLOCCO x TUBAZIONI HOSE BREAK VALVE	FPP 1/4 T0,5 + prolunga M/F da 1/4"	FLUID PRESS	2
26	TRASDUTTORE DI PRESSIONE PRESSURE TRANSDUCER	PA 3020 + cavo EVC006	IFM	2
27	PIASTRINA DI CHIUSURA BLANKING PLATE	FPA 302	CDS	3
28				
29				
30				
31	CILINDRO IDRAULICO HYDRAULIC CYLINDER	al.160 st.120 c.900		1
32	CILINDRO IDRAULICO HYDRAULIC CYLINDER	al.160 st.80 c.1150		2

OLEODINAMICA CDS	AGGIORNAM.:	APPLICAZIONE: POSIZIONATORE P20E	DISEGNO N°: 66N22B
			RIFERIM: NARDUCCI
	FOGLIO 2 DI 2	CODICE:	DATA: 21-05-2015

Figura 19 - Esquema hidráulico página 2 mesa.

Fuente: Narducci S.p.A. (2015). Datos autorizados por la empresa.

4. Propuestas de integración

Se han planteado varios métodos de integración entre el robot y el posicionador, para elegir el método deberemos tener en cuenta varios aspectos. Los cuáles serán:

- Dificultad técnica.
- Grado de modificación de la máquina.
- Grado de control final sobre la máquina.
- Inversión económica.

En principio se había planteado hacer una integración completa entre el robot y el posicionador, es decir que el robot y el posicionador funcionen en total sincronía y coordinen sus movimientos adaptándose entre ellos para poder realizar la operación de soldadura. Este sería el caso ideal y se intentarán proponer soluciones para poder realizarlo.

En caso de que el primer supuesto tenga que ser descartado debido a que por alguna razón de las antes enunciadas podría llegar a no ser viable, se ha planteado también una integración parcial del robot y la mesa, es decir el posicionador en lugar de coordinarse con el robot se movería independientemente mediante los mecanismos ya implantados en él y mediante la instalación de la instrumentación adecuada hacer que el robot conozca la posición de este en tiempo real y pueda adaptar sus movimientos en función a esta.

Al estudiar esto hemos localizado tres retos fundamentales para poder realizar la integración:

- Elegir la instrumentación para la lectura de posición de la mesa.
- Cómo va a interpretar el robot la información que le llegue a través de la instrumentación.
- La comunicación entre la instrumentación y el robot.

Podemos tratar cada uno de estos problemas de forma independiente, pero deberemos tener en cuenta la compatibilidad entre las soluciones que apliquemos a cada uno de ellos, ya que si carecen de ella el objetivo final no podrá ser logrado.

Después de esto se propusieron tres ideas, las cuales están ordenadas por el tamaño de la inversión económica necesario para llevarlo a cabo.

4.1. Propuesta 1

4.1.1. Desarrollo

Esta es la idea más sencilla y también la más barata, se pretende poner unos encoders en las rótulas de los cilindros del posicionador y otro en el eje del motor de la mesa de giro, la señal de estos encoders se lleva a una tarjeta de lectura de señal acoplada en un módulo de comunicación DeviceNet conectado al robot.

También se pondrán cuatro finales de carrera para poder detectar las posiciones críticas de los cilindros.

La interpretación en el robot se hará mediante la lectura de las señales de encoder, estas mediante programa modificarán unas variables de las cuales dependerá la posición del objeto de trabajo definido en el programa. Al cambiar la posición del objeto de trabajo en el programa del robot este modifica sus trayectorias adaptándolas a la nueva posición.

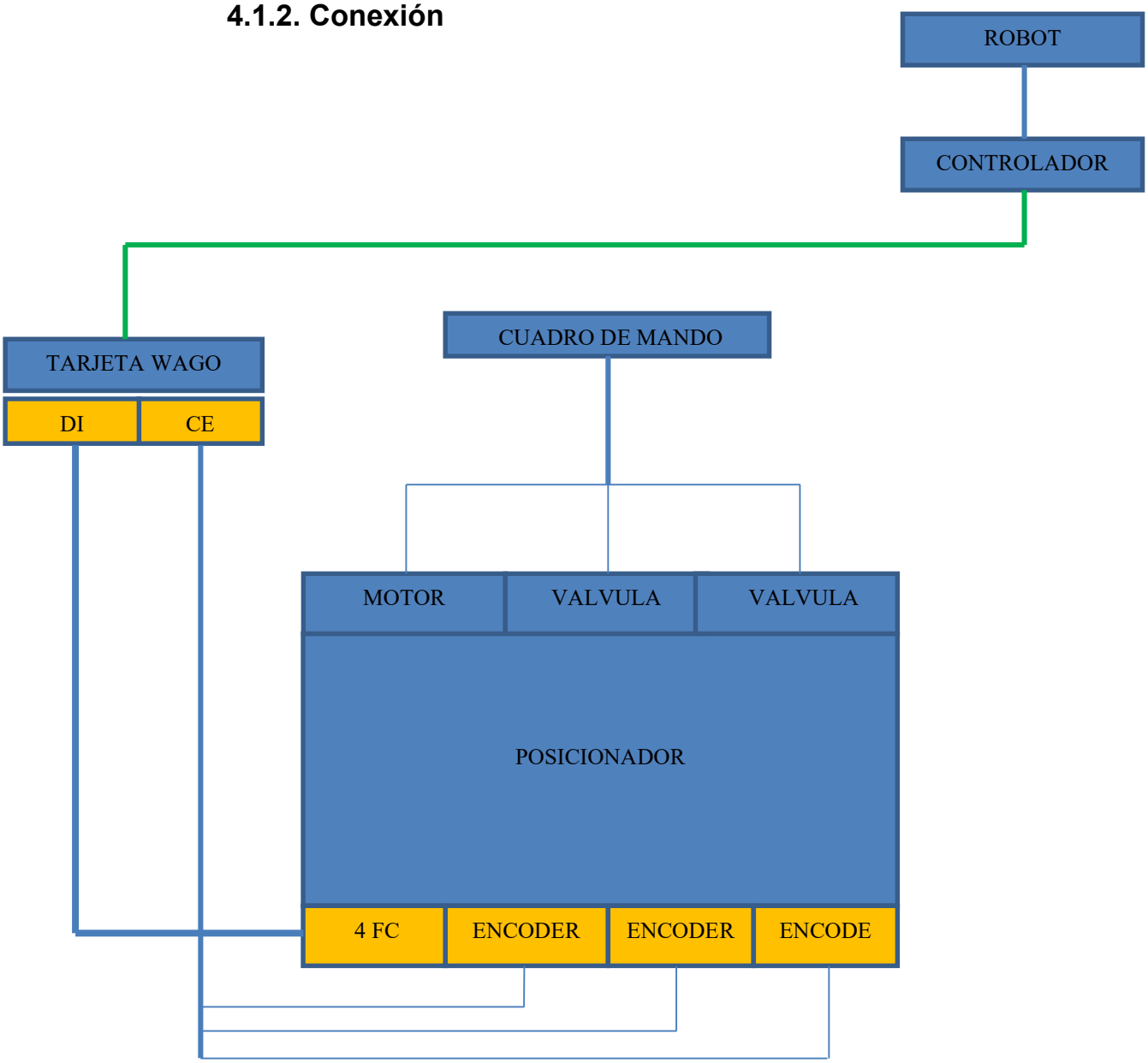
En esta idea tenemos la ventaja de que las modificaciones que hay que hacer en la maquina son mínimas, solamente tenemos que mecanizar unos soportes para poder colocar los encoders en las rótulas de la mesa. El encoder de la mesa de giro se acopla directamente en el eje del motor.

Para hacer la comunicación entre la instrumentación de la mesa (encoders) y el robot utilizaremos un módulo de comunicación DeviceNet al cual acoplaremos los módulos de ampliación necesarios, en este caso tres módulos de lectura de encoder y uno de entradas analógicas.

La gestión de los datos en el controlador del robot se realizará mediante pura programación, sin utilizar ninguna de las funciones prestablecidas del robot para control de señales externas.

Las señales recibidas de los encoders se les dará un valor dentro de una variable interna en función a los cuales se desplazará un objeto de trabajo definido anteriormente.

4.1.2. Conexión



4.1.3. Lista de materiales

EQUIPO	UNIDADES
Módulo entradas digitales	1
Módulos de lectura de señal de encoder	3
Encoders absolutos	3
Finales de carrera	4
Devicenet	
Elementos añadidos	

Tabla 2 - Lista de materiales Idea 1

4.1.4. Especificaciones de los equipos

Encoder

Modelo: Baumer EAM580

Precio: 500 €

Figura 20 - Encoder Baumer EAM580 Fuente: Internet

Atributo	Valor
Tecnología del codificador	Magnética
Revoluciones Máximas	6000rpm
Tipo de Eje	Sólido
Tensión de Alimentación	4,5→ 30 vc.c.
Diámetro del Eje	10mm
Resolución	Mt 13 bits, ST 14 bits
Índice de Protección IP	IP65
Interfaz	SSI-Gris
Anchura Total	58mm
Temperatura de Funcionamiento Mínima	-40°C
Tipo de Montaje	Pestaña de sujeción
Temperatura de Funcionamiento Máxima	+85°C
Serie	EAM580
Tipo de Conexión	Conector M12

Tabla 3 - Especificaciones encoder Baumer EAM580

Final de carrera

Modelo: Telemecanique XCKD2118P16

Precio: 30€

Figura 21 - Final de carrera Telemecanique Fuente: Internet

Contactos	1 x NA/NC
Régimen de contacto	función de interrupción brusca
Accionamiento	palanca de rodillo
Tipo de aproximación	Dirección de arranque lateral/2 direcciones
Material de la carcasa	metal
Dimensiones (A x H x P)	31 x 65 x 30 mm
Grado de protección	IP66/IP67
Conexión	bornes roscados
Entrada de cables	M16 x 1,5

Tabla 4 -- Especificaciones final de carrera Telemecanique

Tarjeta lectura encoder

Modelo: Wago 750-637

Precio: 250€

Figura 22 - Tarjeta de lectura de encoder Wago 750-637 Fuente: Internet

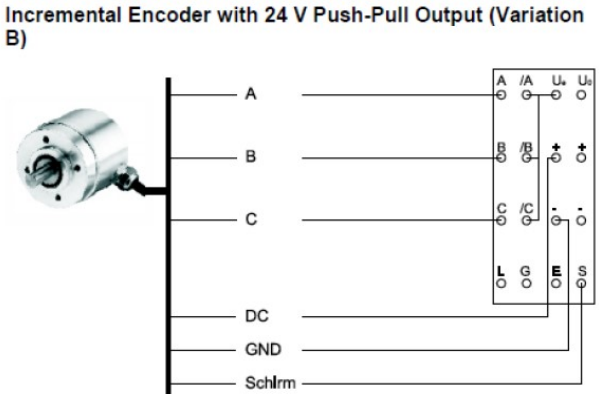


Figura 23 - Conexión del encoder a la tarjeta Wago 750-637 Fuente: Internet

Pin		Pin	
1	24 V external supply	6	Phase B
2	0 V external supply	7	24 VDC
3	24 VDC	8	0 V
4	0 V	9	Signal
5	Phase A		

Figura 24 - Pines de conexión Fuente: Internet

Tarjeta entradas digitales

Modelo: Wago 750-402

Precio: 80€

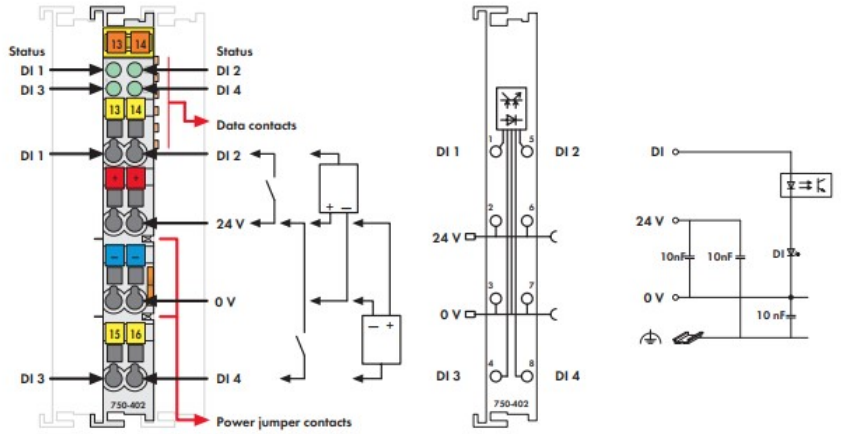


Figura 25 – Conexiones tarjeta de entradas digitales Wago 750-402 Fuente: Internet

Figura 26 - Tarjeta de entradas digitales Wago 750-402 Fuente: Internet

Número de entradas digitales	4
Número total de canales (módulo)	4
Tipo de señal	Tensión
Tipo de señal de tensión	24 VCC
Tensión de alimentación (sensor)	24 VCC
Conexión de sensor	2 x (2 conductores, 3 conductores); También debe utilizarse un módulo de distribución de potencial adecuado (p. ej., 750-614) para conectar otros sensores.

Característica de entrada	Conmutación positiva (PNP)
Filtro de entrada (digital)	3ms
Corriente de entrada por canal para señal (1) (típ.)	4,5mA
Rango de tensión para señal (0)	−3 … +5 VCC
Rango de tensión para señal (1)	15 … 30 VCC
Anchura de datos de entrada (interna) (máx.)	4bits
Tensión de alimentación (sistema)	5 VCC; a través de contactos de datos
Consumo de energía (alimentación de sistema de 5 V)	7,5mA
Tensión de alimentación (campo)	24 VCC (-25 … +30 %); a través de contactos de potencia (fuente de alimentación a través de contacto de cuchilla; transmisión a través de contacto elástico)
Aislamiento	500 kV para sistema/campo
Indicadores	LED (A-D) verde: estado DI 1 … DI 4
Número de contactos de potencia entrantes	2
Número de contactos de potencia salientes	2
Intensidad de corriente admisible (contactos de cuchilla)	10A

Tabla 5 - Especificaciones tarjeta entradas digitales Wago 750-402

<u>Módulo comunicación DeviceNet</u>

Modelo: Acoplador de campo Wago 750-306

Precio: 370 €

Figura 27 - Módulo de comunicación DeviceNet Wago 750-306 Fuente: Internet

Comunicación	DeviceNet
Número de nodos de bus de campo en maestro (máx.)	64
Número de puntos de E/S	6.000
Velocidad de transmisión	500 kBd (125 kBd, 250 kBd, 500 kBd)
Longitud de segmento de bus (máx.)	500 m
Medio de transmisión	Cable de cobre apantallado; cable de bus remoto: 2 x 0,82 mm² + 2 x 1,7 mm²; cable de bajada: 2 x 0,2 mm² + 2 x 0,32 mm²
Número de módulos por nodo (máx.)	64
Características de DeviceNet	Polled E/S Message Connection Strobed E/S Message Connection Cambio de estado Mensajes cíclicos Grupos de 2 esclavos
Imagen de proceso de entrada y salida (bus de campo) (máx.)	512 bytes/512 bytes
Tensión de alimentación (sistema)	24 VCC (-25 … +30 %); a través de conector enchufable (conexión CAGE CLAMP®)
Consumo de energía (alimentación de	350mA

sistema de 5 V)	
Corriente total (alimentación de sistema)	1.650mA
Tensión de alimentación (campo)	24 VCC (-25 … +30 %); a través de contactos de potencia
Corriente de entrada a través de interfaz DeviceNet a 11 V	120mA
Corriente de entrada (típ.) a carga nominal (24 V)	500mA
Eficacia de fuente de alimentación (típ.) a carga nominal (24 V)	87%
Aislamiento	500 kV para sistema/campo
Número de contactos de potencia salientes	3
Intensidad de corriente admisible (contactos de cuchilla)	10A
Certificación	ODVA

Tabla 6 - Especificaciones módulo DeviceNet Wago 750-306

4.1.5. Presupuesto

EQUIPO	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTE
Encoder absoluto	Baumer EAM580	3	500,00 €	1.500,00 €
Final de carrera	Telemecanique XCKD2118P16	4	30,00 €	120,00 €
Tarjeta entradas digitales	Wago 750-402	1	80,00 €	80,00 €
Tarjeta lectura encoder	Wago 750-637	3	250,00 €	750,00 €
Tarjeta bus de campo DeviceNet	Wago 750-306	1	370,00 €	370,00 €
Técnico	Mano de obra	240	30,00 €	7.200,00 €
Total				10.020,00 €

Tabla 7 - Presupuesto propuesta 1

4.2. Propuesta 2

4.2.1. Desarrollo

Esta idea se apoya en la propuesta 1, cambiando los encoders por resolvers para obtener una mayor precisión. También añadimos un módulo de salidas digitales que se conectará en un circuito paralelo a los mandos de control de la mesa, esto nos permitirá mover la mesa mediante la activación de salidas digitales programadas en el controlador del robot.

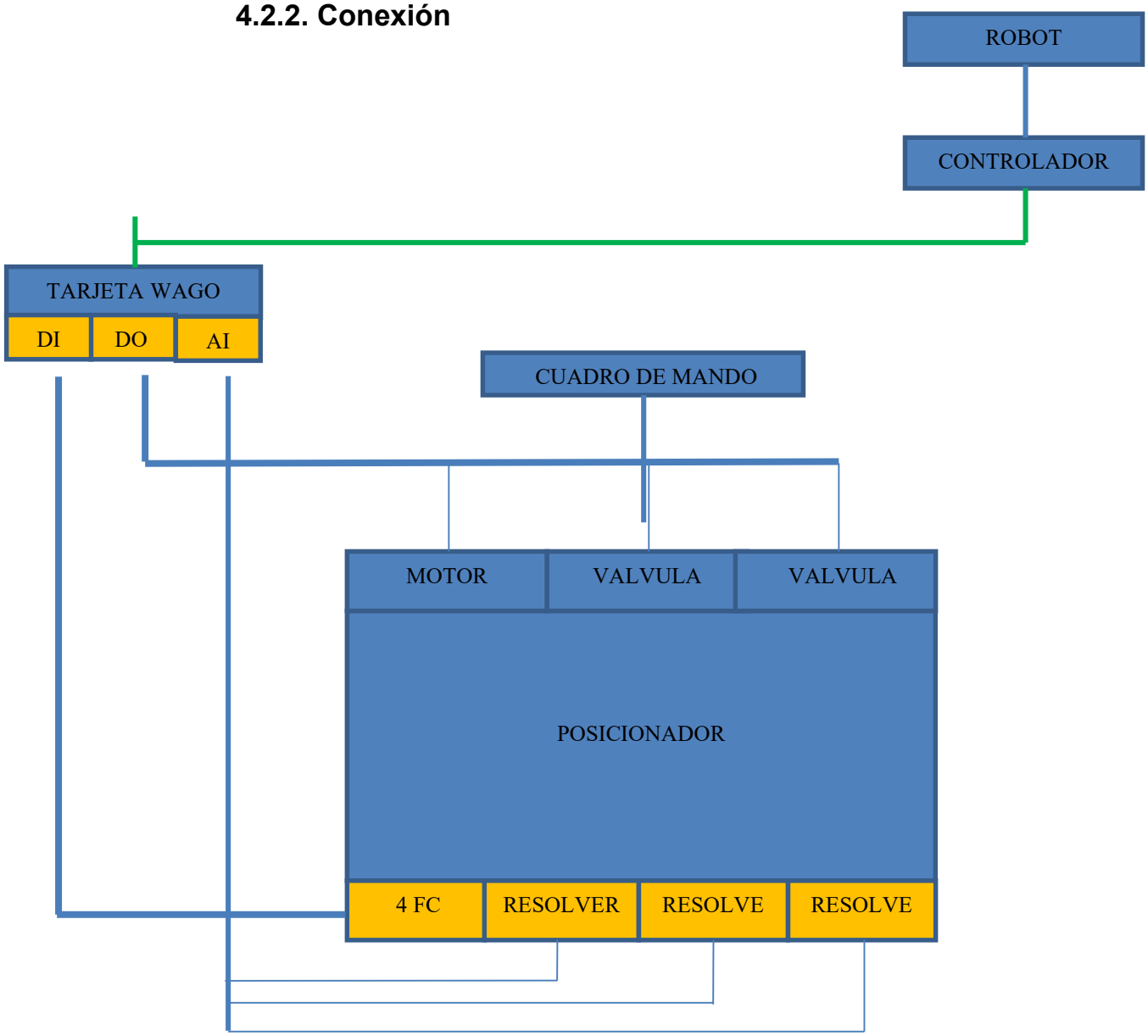
Al usar resolver en lugar de encoder tenemos una mayor precisión en la lectura de la posición tanto de las rotulas como de la mesa de giro. Esta solución también incrementa el precio del desarrollo de la idea, pero tampoco de manera sustancial.

La gestión de los datos en el controlador del robot se realizará mediante pura programación, sin utilizar ninguna de las funciones prestablecidas del robot para control de señales externas.

Las señales de los resolvers se les dará un valor dentro de una variable interna en función a los cuales se desplazará un objeto de trabajo definido anteriormente.

La diferencia entre la captación de la señal de resolver y la de encoder es que esta se mide mediante una señal analógica en lugar de los canales de pulsos que genera el encoder, esto requerirá otro tipo de tarjeta de comunicación, aunque el tratamiento de la señal dentro del programa será la misma.

4.2.2. Conexión



4.2.3. Lista de materiales

EQUIPO	UNIDADES
Módulo entradas analógicas	1
Módulo entradas digitales	1
Módulo salidas digitales	1
Resolvers	3
Finales de carrera	4
Devicenet	
Elementos añadidos	

Tabla 8 - Lista de materiales Idea 2

4.2.4. Especificaciones de los equipos

Resolver

Modelo: RTD 4 A 4 Y 2

Precio: 800 €

Figura 28 - Resolver RTD 4 A 4 Y 2 Fuente: Internet

Technical data - electrical ratings

Number of pole pairs

- 1 = 2 poles

Input voltage Ui

- 7 Vrms

Input frequency

- ≤10 kHz

Input current Ii max.

- ≤65 mA

Transformation ratio

- 0.5 ±5 %

Phase shift

- 0 ° ±10°

Electrical error max.

- 10 Angular minutes

Interference immunity

- EN 61000-6-2

Emitted interference

- EN 61000-6-3

Technical data - mechanical design

Size (flange)

- ø80 mm

Shaft type

- ø10...16 mm (blind hollow shaft)

Protection EN 60529

- IP 65

Operating speed

- ≤8000 rpm (≤+80 °C)
- ≤4000 rpm (≤+100 °C)

Starting torque

- ≤0.025 Nm (+20 °C)

Material

- Housing: aluminium, black, powder-coated
- Shaft: stainless steel

Operating temperature

- -40...+100 °C

Resistance

- EN 60068-2-6
- Vibration 10 g, 55-2000 Hz
- EN 60068-2-27
- Shock 100 g, 11 ms

Weight approx.

- 670 g

Connection

- Connector M23 type 2, 12-pin

Motor shaft tolerance

- 0.25 mm axial
- 0.1 mm radial

Mounting kit

- 050

Módulo salidas digitales

Modelo: Wago 750-530

Precio: 80 €

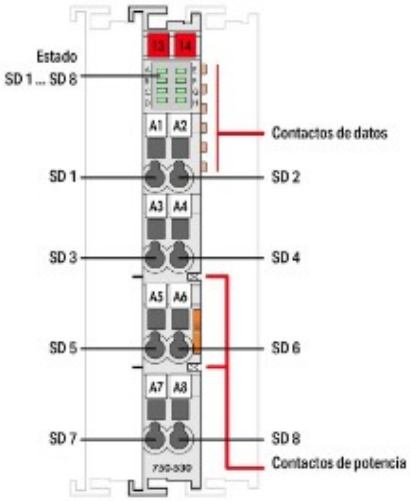


Figura 29 - Conexiones tarjeta salidas digitales Wago 750-530 Fuente: Internet

Figura 30 - Tarjeta salidas digitales Wago 750-530 Fuente: Internet

Número de salidas digitales	8
Número total de canales (módulo)	8
Tipo de señal	Tensión
Tipo de señal de tensión	24 VCC
Conexión de actuador	8 x (1 conductor)
Característica de salida	Conmutación positiva (PNP)
Corriente de salida por canal	0,5A
Corriente de salida	Protegido contra cortocircuito
Frecuencia de conmutación (máx.)	2 kHz
Tipo de carga	Carga resistiva, inductiva, lámpara
Disipación de energía por desconexión de carga inductiva (máx.)	0,9J
Anchura de datos de salida (interna) (máx.)	8bits
Tensión de alimentación (sistema)	5 VCC; a través de contactos de datos
Consumo de energía (alimentación de sistema de 5 V)	25mA

Tensión de alimentación (campo)	24 VCC (-25 … +30 %); a través de contactos de potencia (fuente de alimentación a través de contacto de cuchilla; transmisión a través de contacto elástico)
Consumo de energía, alimentación de campo (módulo sin carga externa)	15mA
Aislamiento	500 kV para sistema/campo
Indicadores	LED (A-H) verde: estado DO 1 … DO 8
Número de contactos de potencia entrantes	2
Número de contactos de potencia salientes	2
Intensidad de corriente admisible (contactos de cuchilla)	10A

Tabla 9 - Especificaciones tarjeta salidas digitales Wago 750-530

<u>Modulo entrada analógica</u>

Modelo: Wago 750-491

Precio: 300 €

Figura 31 - Tarjeta entrada analógica Wago 750-491 Fuente: Internet

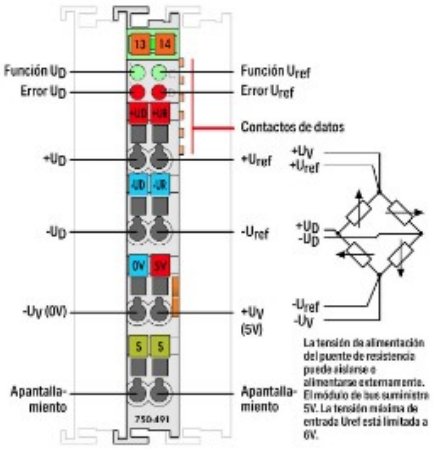


Figura 32 - Conexiones tarjeta entrada analógica Wago 750-491 Fuente: Internet

Número de entradas analógicas	1
Número total de canales (módulo)	1
Tipo de señal	Puente de resistencia (indicador de tensión)
Tensión de alimentación (sensor)	5 VCC; Tensión de alimentación U_V
Tensión de señal U_D	−15 … +15 mV
Tensión de señal U_{ref}	2 … 6 V
Resolución [bit]	16bits
Ancho de datos	2 x 16-bit data; 2 x 8-bit control/status (optional)
Resistencia interna	> 200 kΩ (U_{ref}), > 1 MΩ (U_D)
Tiempo de conversión (típ.)	500ms
Error de medición	U_D: ±30 µV; U_{ref}: ±10 mV
Filtro	50Hz
Tensión de alimentación (sistema)	5 VCC; a través de contactos de datos
Consumo de energía (alimentación de sistema de 5 V)	65mA
Aislamiento	500 kV para sistema/campo

Tabla 10 - Especificaciones tarjeta entrada analógica Wago 750-491

EQUIPO	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTE
Resolver	RTD 4 A 4 Y 2	3	800,00 €	2.400,00 €
Final de carrera	Telemecanique XCKD2118P16	4	30,00 €	120,00 €
Tarjeta entradas digitales	Wago 750-402	1	80,00 €	80,00 €
Tarjeta entradas analógicas	Wago 750-491	1	300,00 €	300,00 €
Tarjeta salidas digitales	Wago 750-530	1	80,00 €	80,00 €
Tarjeta bus de campo DeviceNet	Wago 750-306	1	370,00 €	370,00 €
Técnico	Mano de obra	240	30,00 €	7.200,00 €
Total				10.550,00 €

Tabla 11 - Presupuesto propuesta 2

4.3. Propuesta 3

4.3.1. Desarrollo

Esta idea a diferencia de las anteriores hace una modificación importante en la maquina ya que requiere sustituir gran parte de los elementos preinstalados e el posicionador.

Esto incrementa de forma considerable el precio de desarrollo además de requerir una importante cantidad de tiempo para realizar todas las modificaciones.

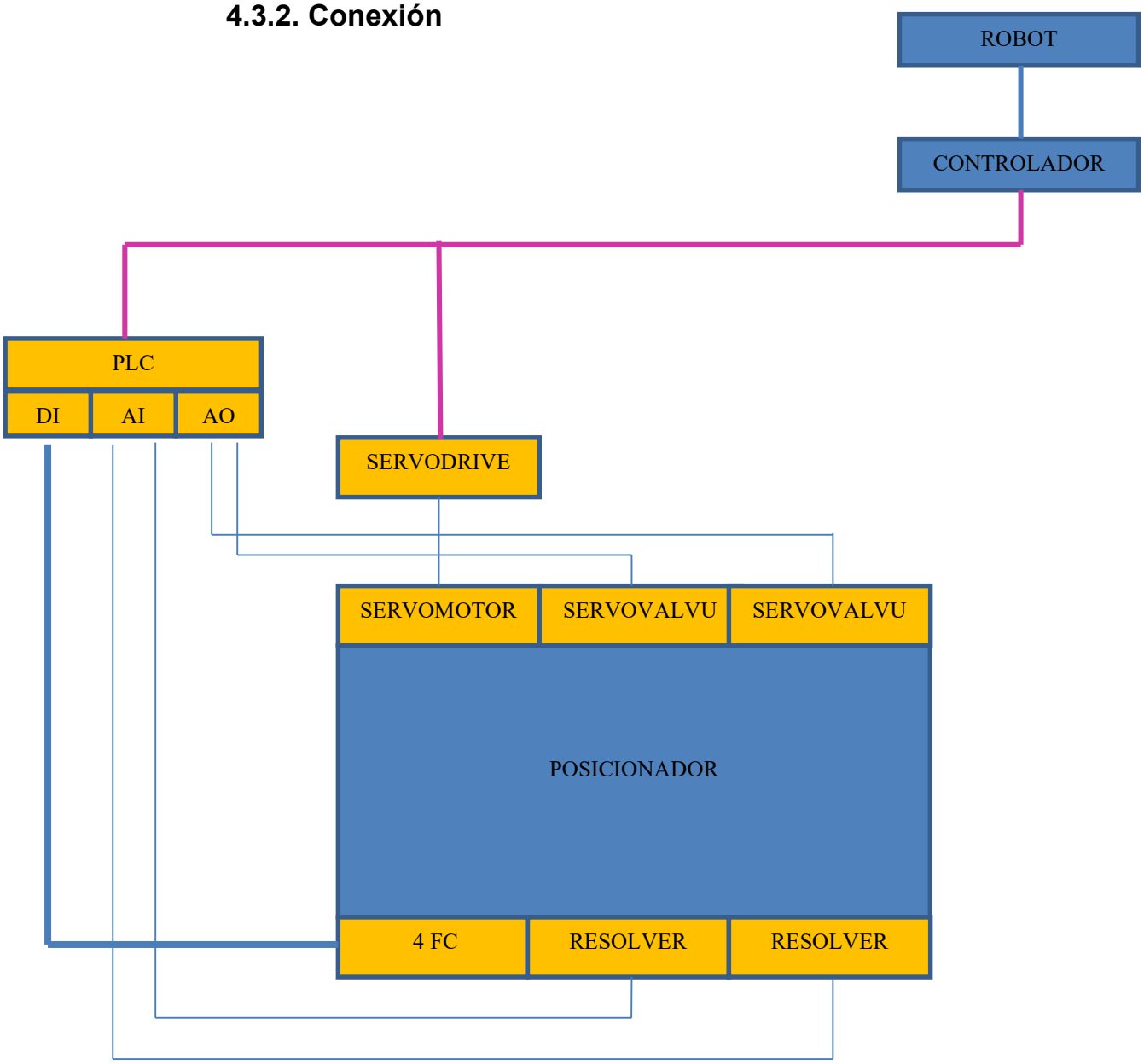
Además de instalar unos resolvers en las rotulas y en la mesa de giro y unos finales de carrera para detectar las posiciones críticas también se requiere sustituir las válvulas que accionan el movimiento de los cilindros por unas servoválvulas y el motor de giro de la mesa por un servomotor, lo cual nos daría mayor precisión en los movimientos de la mesa.

Todos estos nuevos elementos estarían controlados desde un PLC que sería el responsable de gestionar tanto la comunicación con el robot como la activación de los servomotores y las válvulas.

La comunicación se hará mediante profibus ya que la idea principal seria utilizar un autómata del fabricante Siemens y este es el bus de campo característico de estos PLCs.

La gestión de la información se hará mediante una función predefinida por el fabricante del robot, que permite gestionar entradas y salidas como si fueran ejes adicionales propios del robot, esto requiere la compra de un hardware y un software adicional, pero facilita mucho la programación de los movimientos.

4.3.2. Conexión



4.3.3. Lista de materiales

EQUIPO	UNIDADES
PLC	1
Módulo entradas analógicas	1
Módulo entradas digitales	1
Módulo salidas analógicas	1
Resolvers	2
Finales de carrera	4
Servodrive	1
Servoválvulas (80L/Min y 5000 psi)	2
Servomotor (5kW)	1
Profibus	
Elementos añadidos	

Tabla 12 - Lista de materiales Idea 3

4.3.4. Especificaciones de los equipos

PLC

Modelo: Simatic S7-1200 CPU 1215C DC/DC/RLY

Precio: 800 €

Figura 33 - PLC Simatic S7-1200 Fuente: Internet

CPU PLC permite realizar automatización de tareas sencillas pero muy precisas. Con entradas digitales y análogas integradas, así como salidas digitales, bien sean de transistor o de relé (como en este caso).

Características:

- Tensión de alimentación: 24VDC
- Consumo (valor nominal): 500mA, solo CPU
- Con memoria integrada: 100 kByte
- Número de entradas digitales: 14
- Número de salidas digitales: 10
- Número de entradas analógicas: 2
- Interfaz PROFINET (estándar abierto de Ethernet)
- Soporta servidores web
- Dimensiones: 110x100x75mm

Módulo de salidas analógicas

Modelo: Simatic S7-1200 SM1232

Precio: 480 €

Módulo de salida analógico Siemens S7-1200 SM1232

4 salidas analógicas, +/-10V,14 bits de resolución, o 0-20mA, resolución de 13 bits. Con la salida analógica del módulo SM 1232 AA - 6ES7232-4HD32-0XB0 de control Siemens SIMATIC S7-1200 puede ser ampliado a 4 salidas analógicas. De salidas analógicas SM 1232 AA - 6ES7232-4HD32-0XB0 proporciona señales con +/- 10V con una resolución de 14 bits o 0 (4) -20 mA, con una resolución de 13 bits.

En la Figura 34 se aprecia la tarjeta de salidas analógicas Simatic SM 1232 AQ.

Figura 34 - Tarjeta salidas analógicas Simatic SM 1232 AQ Fuente: Internet

Módulo Profibus

Modelo: Wago 750-303

Precio: 350 €

Figura 35 - Módulo de comunicación Profibus Wago 750-303 Fuente: Internet

Comunicación	PROFIBUS
Número de nodos de bus de campo en maestro (máx.)	96
Número de puntos de E/S	6.000
Velocidad de transmisión	9,6 kBd … 12 MBd
Longitud de segmento de bus (máx.)	1200 m
Medio de transmisión	Cable de cobre según EN 50170
Tiempo de transmisión	Típ. 1 ms (10 acopladores; cada uno 32 E/S digitales y 12 Mbaud) máx. 3,3 ms
Número de módulos por nodo (máx.)	64
Imagen de proceso de entrada y salida (bus de campo) (máx.)	128 bytes/128 bytes
Tensión de alimentación (sistema)	24 VCC (-25 … +30 %); a través de conector enchufable (conexión CAGE CLAMP®)
Consumo de energía (alimentación de sistema de 5 V)	350mA
Corriente total (alimentación de sistema)	1.650mA
Tensión de alimentación (campo)	24 VCC (-25 … +30 %); a través de contactos de potencia
Corriente de entrada (típ.) a carga nominal (24 V)	500mA
Eficacia de fuente de alimentación (típ.) a carga nominal (24 V)	87%
Aislamiento	500 kV para sistema/campo
Número de contactos de potencia salientes	3
Intensidad de corriente admisible (contactos de cuchilla)	10A
Certificación	PNO
Estándar	EN 50170

Tabla 13 - Especificaciones módulo de comunicación Profibus Fuente: Internet

Servomotor

Modelo: OMROM R88M-K5K020C-BS2

Precio: 3000 €

Figura 36 - Servomotor Omron R88M-K5K020C-BS2 Fuente: Internet

- Método de servocontrol Analógico, EtherCAT, MECHATROLINK II, Tren de pulsos
- Tensión de alimentación del variador 400 V trifásico
- Potencia nominal 5 kW
- Velocidad nominal 2000 RPM
- Par nominal 23,9 Nm
- Par máximo 71,6 Nm
- Tipo de codificador Absoluto con batería
- Resolución del codificador 17 bits
- Motor con freno
- Motor con sello de aceite
- Tamaño de brida cuadrada (LC) 176 mm
- Diámetro del eje 35 mm
- eje con llave
- eje con grifo
- Peso 21800g

Servo drive

Modelo: Accurax G5 servo drives R88D-KT

Precio: 2500 €

Figura 37 - Servo Drive Accurax G5 R88D-KT

- Modelos de drive EtherCAT, MECHATROLINK-II y analógico/de pulsos
- Respuesta de frecuencia de 2 kHz
- Seguridad conforme a ISO13849-1 (PL d)
- Alta precisión proporcionada por un encoder de 20 bits
- Programación de drive: funcionalidad de indexador integrada en los modelos analógicos/de pulsos
- Supresión de vibraciones avanzada
- Encoder de lazo completamente cerrado incorporado
- Motores giratorios desde 50 W hasta 15 kW
- Motores lineales sin acero y con núcleo de acero

Servoválvula

Modelo: Moog D941

Precio: 2000 €

Figura 38 - Servoválvula Moog D941 Fuente: Internet

Hydraulic Data Rated Flow	8 to 80 l/min (2.1 to 21 gpm) @ Δp 5 bar (75 psi) per land
Maximum Flow	180 l/min (47 gpm)
Maximum Operating Pressure	350 bar (5,000 psi)
Mounting Pattern	ISO 4401 Size 05 (NG 10)
100% Step Response	33 ms @ 210 bar (3,000 psi)
Electrical Data Supply Voltage	24 VDC (18 to 32 VDC)
Rated Signal Options	+/-10 V, +/-10 mA and 4-20 mA
Options	Fieldbus Interface

Tabla 14 - Especificaciones servoválvula Moog D941

4.3.5. Presupuesto

EQUIPO	REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTE
Resolver	RTD 4 A 4 Y 2	2	800,00 €	1.600,00 €
Final de carrera	Telemecanique XCKD2118P16	4	30,00 €	120,00 €
Tarjeta entradas digitales	Wago 750-402	1	80,00 €	80,00 €
Tarjeta entradas analógicas	Wago 750-491	1	300,00 €	300,00 €
Tarjeta salidas analógicas	Simatic S7 SM1232	1	480,00 €	480,00 €
Tarjeta bus de campo Profibus	Wago 750-303	1	350,00 €	350,00 €
PLC	CPU S7 1215C DC/DC/Rly	1	800,00 €	800,00 €
Servodrive	Accurax G5 servo drives R88D-KT	1	2.500,00 €	2.500,00 €
Servoválvulas	Moog D941	1	2.000,00 €	2.000,00 €
Servomotor	Omron R88M-K5K020C-BS2	1	3.000,00 €	3.000,00 €
Técnico	Mano de obra	320	30,00 €	9.600,00 €
Total				20.830,00 €

Tabla 15 - Presupuesto propuesta 3

5. Análisis de alternativas

5.1. Encoders y resolvers

5.1.1. Encoders

Para captar la posición de la mesa se valora entre utilizar encoder o resolver.

El encoder más comúnmente utilizado en motores de alta velocidad es el encoder incremental de cuadratura. Consiste de un disco solidario al eje del motor que contiene un patrón de marcas o el interruptor óptico a medida que el disco gira. La resolución de un encoder típico es del orden de 1000 pulsos por revolución. Desde un encoder incremental no se puede determinar la posición angular absoluta del eje. Para poder determinar la posición relativa a un punto de referencia (cero), el encoder debe incluir una señal adicional que genera un pulso por revolución, denominada índice o homing mientras que con los encoders absolutos no hace falta calcular esta señal.

Utiliza dos sensores ópticos posicionados con un desplazamiento de ¼ de ranura el uno del ro, generando dos señales de pulsos digitales desfasada en 90º o en cuadratura. A estas señales de salida, se les llama comúnmente A y B. Mediante ellas es posible suministrar los datos de posición, velocidad y dirección de rotación del eje. Si se incluye la señal de referencia, se le denomina I (índice).

Usualmente, si la señal A adelanta a la señal B (la señal A toma valor lógico “1” antes que la señal B, por ejemplo), se establece el convenio de que el eje está rotando en sentido horario, mientras que, si B adelanta a A, el sentido será antihorario.

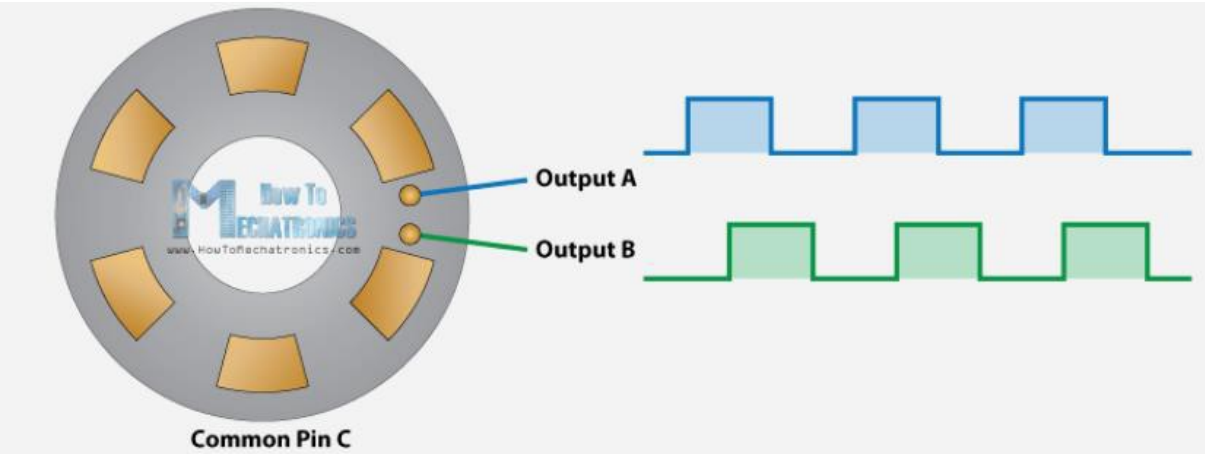


Figura 39 - Señales de salida encoder Fuente: Internet

Para saber el sentido de giro o si nos hemos movido se utilizarán dos variables. PState y pLastState son dos variables, la primera lee la situación actual del pulso en la salida A y la siguiente registra el último valor que leímos. Si son diferentes es que se ha girado el encoder.

Por otro lado, si primero leemos el valor de pState para la salida A y la encontramos en ALTO, y luego leemos la salida B y este está en LOW, significa que hemos girado en el sentido del reloj, porque A se ha levantado mientras B sigue en LOW. Más adelante A y B tomarán el mismo valor cuando la rueda alcance a B, pero por ahora solo nos interesa fijarnos en el primer momento en que ambos son diferentes.

Si por el contrario, cuando la salida en A y B son diferentes pero la salida B se ha activado antes es que giramos a contra reloj.

5.1.2. Resolvers

Un resolver es un transductor electromagnético que se puede utilizar en una amplia variedad de aplicaciones de retroalimentación de posición y velocidad, que incluyen aplicaciones de servicio ligero/servo, industria ligera o servicio pesado. Los resolvers, conocidos como resolver de motor, se usan comúnmente en aplicaciones de retroalimentación de servomotor debido a su buen rendimiento en entornos de alta temperatura.

Debido a que el resolver es un dispositivo analógico y las salidas eléctricas son continuas a lo largo de una revolución mecánica completa, la resolución teórica de un resolver de una sola velocidad es infinita. Debido a su diseño de transformador simple y a la falta de componentes electrónicos integrados, el resolver es un dispositivo mucho más resistente que la mayoría de los otros dispositivos de retroalimentación y es la mejor opción para aquellas aplicaciones donde se requiere un rendimiento confiable en condiciones de alta temperatura, alto impacto y vibración, radiación y contaminación, lo que convierte al resolver en la alternativa de diseño sensata para la codificación del ángulo del eje.

5.1.3. Resolvers vs Encoders

Sin componentes electrónicos integrados, los resolvers pueden trabajar bajo temperaturas extremas y tolerar golpes y vibraciones, lo que hace que sean adecuados para aplicaciones en las que fallarían los encoders. Como dispositivos de retroalimentación, los resolvers se pueden usar como alternativas tanto a los encoders incrementales como a los encoders absolutos. Sin embargo, los resolvers emiten una señal analógica y requieren un convertidor analógico a digital independiente donde los encoders emiten señales digitales. Para aplicaciones donde la radiación está presente, las resoluciones se pueden endurecer por radiación para usarse en estos entornos. Su falta de electrónica a bordo también proporciona una ventaja en entornos radiados. En

comparación con los encoders absolutos, los resolvers de velocidad única proporcionan una posición absoluta y se pueden usar como dispositivos absolutos, lo que los convierte en alternativas cuando las condiciones ambientales no permiten el uso de encoders absolutos.

5.2. Modos de sincronización

Se valorarán dos métodos de sincronización: el primero, hacer un código que permita la interpretación de los datos recogidos por los sensores instalados en la máquina. La otra alternativa es utilizar una función del controlador del robot llamada *Conveyor Tracking*, la cual se utiliza para el desplazamiento de objetos movidos por cintas transportadoras.

5.2.1. Programación manual

Realizándolo mediante programación, este sería el código Rapid que cambia la posición de un objeto de trabajo en función de unas variables:

```
MODULE Movimiento

    PROC  main()

VAR num anglex:=0;
VAR num angley:=0;
VAR num anglez:=0;

VAR orient rotacion:=[0,0,0,0];
VAR orient o1:=[1,0,0,0];
anglex:=45;
angley:=25;
anglez:=78;
rotacion:= OrientZYX(anglez, angley, anglex); !!Conversion angulos a cuaternios
TPWrite "Rotacion="\Orient:=rotacion;
anglex := EulerZYX(\X,rotacion);              !!Conversion cuaternios en angulos
angley := EulerZYX(\Y, rotacion);
anglez := EulerZYX(\Z, rotacion);
TPWrite "anglex="\Num:=anglex;
TPWrite "angley="\Num:=angley;
TPWrite "anglez="\Num:=anglez;
    ENDPROC

ENDMODULE

MODULE Movimiento

    PROC  main()

VAR num anglex;
VAR num angley;
VAR num anglez;
VAR num posx;
VAR num posy;
VAR num posz;
VAR pos posicion;
var wobjdata wobj0 :=[ FALSE, TRUE, "", [ [0, 0, 0], [1, 0, 0 ,0] ], [ [0, 0, 0], [1, 0, 0 ,0] ] ];
pers robtarget p1:=[[0,2400,1200],[-1,0,0,0],[0,1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
VAR orient rotacion:=[0,0,0,0];
VAR orient o1:=[1,0,0,0];
anglex:=45;
angley:=25;
anglez:=78;
posx:=0;
posy:=0;
posz:=0;
posicion:=[posx,posy,posz];
rotacion:= OrientZYX(anglez, angley, anglex); !!Conversion angulos a cuaternios
TPWrite "Rotacion="\Orient:=rotacion:
```

Figura 40 - Programa RAPID seguimiento de conveyor 1

```
wobj0.uframe.rot:=rotacion;
wobj0.uframe.trans:=posicion;
anglex := EulerZYX(\X,rotacion);              !!Conversion cuaternios en angulos
angley := EulerZYX(\Y, rotacion);
anglez := EulerZYX(\Z, rotacion);
TPWrite "anglex="\Num:=anglex;
TPWrite "angley="\Num:=angley;
TPWrite "anglez="\Num:=anglez;
Movej p1,v300,fine,tool0\WObj:=wobj0;
    ENDPROC
ENDMODULE

MODULE Movimiento
    pers robtarget p1:=[[1000,1500,1200],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
    PROC  main()
VAR num anglex:=0;
VAR num angley:=0;
VAR num anglez:=0;
VAR num posx;
VAR num posy;
VAR num posz;
VAR pos posicion;
VAR orient rotacion:=[0,0,0,0];
var wobjdata wobj0 :=[ FALSE, TRUE, "", [ [0, 0, 0], [0, 0, 0 ,0] ], [ [0, 0, 0], [0, 0, 0 ,0] ] ];
VAR orient o1:=[1,0,0,0];
anglex:=0;
angley:=70;
anglez:=120;
posx:=0;
posy:=500;
posz:=0;
posicion:=[posx,posy,posz];
rotacion:= OrientZYX(anglez, angley, anglex); !!Conversion angulos a cuaternios
TPWrite "Rotacion="\Orient:=rotacion;
TPWrite "Posicion="\Pos:=posicion;
wobj0.uframe.rot:=rotacion;
wobj0.uframe.trans:=posicion;
anglex := EulerZYX(\X,rotacion);              !!Conversion cuaternios en angulos
angley := EulerZYX(\Y, rotacion);
anglez := EulerZYX(\Z, rotacion);
TPWrite "anglex="\Num:=anglex;
TPWrite "angley="\Num:=angley;
TPWrite "anglez="\Num:=anglez;
TPWrite "Orientacion eje="\Orient:=wobj0.uframe.rot;
TPWrite "posicion eje="\pos:=wobj0.uframe.trans;
Movej p1,v300,fine,tool0\wobj:=wobj0;
    ENDPROC
```

Figura 41 - Programa RAPID seguimiento de conveyor 2

5.2.2. Conveyor Tracking

Para ello se debe instalar el módulo Conveyor Tracking de ABB en el controlador. Con esta función, se tratará cada sistema como una unidad mecánica a la cual se le aplicará una relación de desplazamiento, lineal o circular, para cada pulso de encoder recibido. De esta manera se monitorizará el seguimiento del equipo, el cual podrá activarse y desactivarse en programa y asignar un objeto de trabajo a esta unidad mecánica, para que sea desplazado de forma acompasada.

5.3. Modos de comunicación

Se han valorado varios métodos de comunicación, pero al final se ha reducido a dos posibilidades: ProfiBus y DeviceNet.

5.3.1. ProfiBus

Visión General

Profibus es una tecnología inteligente de bus de campo, los dispositivos en el sistema se conectan a una línea central, una vez conectados, estos dispositivos pueden comunicar información de manera eficiente, pero pueden ir más allá de los mensajes de automatización, los dispositivos Profibus también pueden participar en el autodiagnóstico y el diagnóstico de conexión, en el nivel más básico, Profibus se beneficia del diseño superior de sus capas OSI y su topología básica.

Profibus no es un sistema de comunicación, sino una variedad de protocolos creados en el mismo paquete de tecnología de bus de campo. Los usuarios pueden combinar variedades de protocolos Profibus con su propio software y otros requisitos, lo que resulta en un perfil de aplicación único, con muchos perfiles disponibles. Profibus puede satisfacer necesidades específicas, sin embargo, una cosa sigue siendo la misma, a través de pruebas exhaustivas, los dispositivos Profibus cumplen con un alto nivel que corresponde a una red de alta calidad.

Modelo OSI

Las redes Profibus hacen uso de tres capas separadas del modelo de red OSI. En primer lugar, Profibus describe la capa de aplicación. Hay varias versiones de Profibus que manejan diferentes tipos de mensajes en la capa de aplicación. Algunos de los tipos de mensajes que admite Profibus incluyen el intercambio de datos cíclicos y acíclicos, el diagnóstico, el manejo de alarmas y los mensajes isócronos.

Atributo	Clasificación
Vendedor primario	Siemens
VENTAJAS PRINCIPALES	Integración muy rápida y sencilla a los PLC de Siemens | Aceptación en Europa
VENTAJAS PRINCIPALES	Requiere ASIC costoso, sin alimentación a través del bus, conectores caros
VELOCIDAD DE RED	12 megas
DETECCIÓN DE DIRECCIÓN DUPLICADA	Ninguna
TAMAÑO MAXIMO DEL MARCO	244 bytes
CONECTORES	DB-9 mejorado para velocidad de Profibus
CONECTORES	Ninguno – Protocolo Half Duplex
UTILIZACIÓN DE ANCHO DE BANDA	Medio a bajo | Tamaño de marco más grande que la mayoría de las aplicaciones requieren
NÚMERO MÁXIMO DE NODOS	126 con 32 máximo por segmento
TIPOS DE MENSAJES	Dos tipos (mensajería y E / S)

MÉTODOS DE COMUNICACIÓN PRIMARIA	Half Duplex Master Slave
MAX I / O POR PAQUETE	244 bytes
FRAGMENTACIÓN DE MENSAJES GRANDES	No
TIEMPOS DE CICLO TÍPICO	10 mec
ORGANIZACIÓN PATROCINADORA	Organización de Usuarios Profibus (PNO)
COSTO DEL CONECTOR	Controladores caros e interfaz para 12Meg velocidad
FLASH TIPICO REQUERIDO	ASIC Plus 5K en procesador
RAM TÍPICA REQUERIDA	5K | Varía con la E / S soportada

Tabla 16 - Características red Profibus

Profibus no define las capas tres a seis, sin embargo, sí define el enlace de datos y las capas físicas, capas uno y dos. La capa de enlace de datos se completa a través de un enlace de datos de bus de campo o FDL. El sistema FDL combina dos esquemas comunes: metodología maestro-esclavo y paso de token. En una red maestro-esclavo, los maestros, generalmente los controladores, envían solicitudes a esclavos, sensores y actuadores, y los esclavos responden en consecuencia. Profibus también incluye el paso de token, un sistema en el que se pasa una señal de "token" entre los nodos. Solo el nodo con el token puede comunicarse, el concepto de pasar token es como la caracola que habla; solo se permite hablar a la persona con la concha.

Finalmente, Profibus define una capa física. Aunque deja espacio para la flexibilidad, los sistemas Profibus pueden tener tres tipos de medios: el primero es un sistema de cableado de par trenzado estándar, en este caso RS485. Dos sistemas más avanzados también están disponibles. Los sistemas Profibus ahora pueden operar utilizando la transmisión de fibra óptica en los casos en que sea más apropiado. Un sistema de seguridad mejorado llamado Manchester Bus Power, o MBP, también está disponible en situaciones donde el entorno químico es propenso a la explosión.

Topología

Profibus utiliza la topología de bus. En esta topología, una línea central, o bus, está cableada en todo el sistema. Los dispositivos están conectados a este bus central. Un bus elimina la necesidad de una línea de longitud completa que va desde el controlador central a cada dispositivo individual.

En el pasado, cada dispositivo Profibus tenía que conectarse directamente al bus central, sin embargo, los avances tecnológicos han hecho posible un nuevo sistema de "dos cables" En esta topología, el bus central Profibus puede conectarse a un sistema ProfiNet Ethernet De esta manera, múltiples buses Profibus pueden conectarse entre sí.

5.3.2. DeviceNet

Visión General

DeviceNet es una red digital, multi-punto, para conexión entre sensores, actuadores y sistemas de automatización industrial en general. Esta tecnología fue desarrollada para tener máxima flexibilidad entre los equipos de campo e interoperabilidad entre diferentes fabricantes.

Introducido originalmente en 1994 por Allen-Bradley, DeviceNet transfirió su tecnología a ODVA (Open DeviceNet Vendor Association) en 1995. La ODVA es una organización sin fines de lucro compuesta por cientos de empresas alrededor del mundo que mantienen, difunden y promueven la tecnología DeviceNet y otras redes basadas en el protocolo CIP (Common Industrial Protocol).

Actualmente más de 300 empresas están registradas como miembros, y 800 más ofrecen productos DeviceNet de todo el mundo.

Tecnología

La red DeviceNet está clasificada en el nivel de red llamada devicebus, cuyas características principales son: alta velocidad, comunicación a nivel de byte que incluye comunicación con equipos discretos y analógicos y alto poder de diagnóstico de los dispositivos de la red.

La tecnología DeviceNet es un estándar abierto de automatización con el objetivo de transportar 2 tipos principales de información:

1. Datos cíclicos de sensores y actuadores, directamente relacionados al control.
2. Datos no cíclicos indirectamente relacionados al control, como configuración y diagnóstico.

Los datos cíclicos representan la información intercambiada periódicamente entre el equipo de campo y el controlador. Por otro lado, los no cíclicos son informaciones intercambiadas eventualmente durante la configuración o diagnóstico del equipo de campo.

La capa física y de acceso a la red DeviceNet está basada en la tecnología CAN (Controller Area Network) y las capas superiores en el protocolo CIP (Common Application Layer – Capa de Aplicación Común), que define una arquitectura basada en objetos y conexiones entre ellos.

El CAN fue originalmente desarrollado por la BOSCH para el mercado de automóviles europeos para sustituir el cableado costoso por un cable en red de bajo costo en automóviles. Como resultado, el CAN tiene respuesta rápida y confiabilidad alta para aplicaciones principalmente en las áreas automovilística.

Una red DeviceNet puede tener hasta 64 dispositivos donde cada uno ocupa un nodo en la red, direccionados de 0 a 63. Cualquiera de ellos puede ser utilizado, aunque el uso de la dirección 63 no es recomendable, ya que se utiliza para la puesta en marcha.

Características de la red

Topología basada en bus principal con ramificaciones. El bus principal debe ser hecho con el cable DeviceNet grueso, y las ramificaciones con el cable DeviceNet delgado o plano. Cables similares podrán usarse siempre y cuando sus características eléctricas y mecánicas sean compatibles con las especificaciones de los cables estándar DeviceNet.

Otras características por destacar son:

- Permite el uso de repetidores, bridges, ruteadores y gateways.

- Suporta hasta 64 nodos, incluyendo el maestro, direccionados de 0 a 63 (MAC ID).
- Cable de 2 pares: uno para alimentación de 24V y otro para comunicación.
- Capacidad de insertar y cambiar en caliente, sin interrumpir a la red.
- Compatible con equipos alimentados por la red de 24V o como que tengan su propia fuente.
- Uso de conectores abiertos o cerrados.
- Protección contra conexión inversa y cortocircuito.
- Alta capacidad de corriente en la red (hasta 16 A).
- Usa la misma energía de la fuente de alimentación.
- Varias fuentes pueden ser usadas en la misma red para satisfacer las necesidades de la aplicación en términos de carga y la longitud de los cables.
- Velocidad de comunicación seleccionable: de 125,250 y 500 kbps.
- Comunicación basada en conexiones de E/S y modelo de pregunta y respuesta.
- Diagnóstico de cada equipo y de la red.
- Transporte eficiente de datos de control discretos y analógicos.
- Detección de direccionamiento duplicado en la red.
- Mecanismo de comunicación extremamente robusto para interferencias electromagnéticas.

DeviceNet es una de las tres tecnologías de redes abiertas y estandarizadas, cuya capa de aplicación usa el CIP, al lado de ControlNet y EtherNet/IP, posee una estructura común de objetos. Es decir, es independiente del medio físico y de la capa de enlace de datos. Ésta utiliza una capa de aplicación estándar integrada a interfaces de hardware y software abiertas, constituye una plataforma de conexión universal entre componentes en un sistema de automatización, desde la fábrica hasta el nivel de internet.

6. Pliego de condiciones

6.1. Definición y alcance del pliego

El objeto de este documento es fijar las condiciones mínimas que debe cumplir la integración de la mesa con el robot, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidady seguridad.

El dominio de aplicación de este documento abarca todos los sistemas electrónicos, eléctricos, mecánicos e hidráulicos que forman la instalación.

6.2. Condiciones y normas de carácter general

La finalidad es la regulación de la programación teniendo en cuenta los niveles teóricos y de calidad que se exigen.

De igual modo se precisan las actuaciones correspondientes al contrato y según la legislación aplicable tanto al promotor, al contratista, al proyectista, a los técnicos y encargados, como a las relaciones y obligaciones que les conciernen con el fin del cumplimiento del contrato.

6.3. Alimentación

Todas las máquinas e instalaciones estarán diseñadas para ser alimentadas a una RED TRIFASICA de 380 + tomada de tierra SIN NEUTRO.

6.4. Interruptor general

Cada máquina o cada equipo dispondrán de un dispositivo interruptor de corte general de tensión situado en el armario eléctrico. El interruptor debe tener el enclavamiento mecánico, con posibilidad de ponerle candado.

6.5. Protecciones

La protección general de la instalación se requerirá de la siguiente forma:

- Dispondrá de interruptores automáticos independientes para cada circuito, debidamente calibrados.
- Dispondrá de diferencial de entrada con un relé de sensibilidad máx. 300 mA e intensidad de trabajo según la potencia instalada.

6.6. Circuito de mando

La tensión de los circuitos de mando será de 24V, o como máximo y cuando por circunstancias puntuales no se pueda instalar 24V, será de 110V,

6.7. Robot

El robot ha de ser de la marca ABB.

Antes de modificar un programa del robot, el proveedor tiene que realizar la modificación sobre el programa que le entregue Mantenimiento y cuando lo realice debe OBLIGATORIAMENTE dejar una copia en Mantenimiento antes de finalizar el trabajo.

Se tienen que facilitar todas las copias de seguridad de todos los elementos que contengan datos, y el software necesario para su restauración.

6.8. PLC

El PLC ha de ser siemens o beckhoff, en cualquiera de sus versiones.

Antes de modificar un programa de un PLC, el proveedor tiene que realizar la modificación sobre el programa que le entregue Mantenimiento y cuando lo realice debe OBLIGATORIAMENTE dejar una copia en Mantenimiento antes de finalizar el trabajo.

Se tienen que facilitar todas las copias de seguridad de todos los elementos que contengan datos, y el software necesario para su restauración.

Los terminales, paneles y pantallas táctiles serán Siemens Los PC´s instalados serán industriales. Los programas de PLC deberán estar comentados y con simbólicos en Español.

6.9. Ejecución

Todas las bobinas de los contactores, relés, temporizadores, etc. tendrán como punto comúnel negativo de la instalación de mando. En caso de instalaciones de c.c., el negativo irá referenciado a tierra.

La alimentación del circuito de electroválvulas será independiente del de bobinas de contactores, relés o temporizadores. Todos estos circuitos estarán individualmente protegidoscon automáticos.

6.10. Señalización

Los circuitos de señalización estarán equipados con lámparas según tensiones con transformadores incorporados.

6.11. Alimentación

Cada instalación o equipo que precise alumbrado llevará un circuito individual alimentado separadamente con un transformador. La tensión de los circuitos de alumbrado será siemprede 24V.

6.12. Iluminación

1) Las exigencias marcadas por el equipo de prevención indican que en áreas de exigencia normales debemos tener unos mínimos de 200 lux, y en trabajos que requieran exigencias especiales o de precisión, se requiere mínimo 500 lux.

2) Para poder cumplir con estos requisitos y después de haber efectuado pruebas en nuestrotaller de mecanizado, requerimos que:

- Una vez instalada la máquina en la ubicación correspondiente (nueva o modificación de Layout), se reubiquen las luminarias acordes a los nuevos puestos de trabajo.

- Las luminarias de 400W de halogenuro metálico sean sustituidas por equivalente en tecnología led empleando la referencia Led Philips 200W IP65, ref: BY121P G3 LED205S/840 PSU WB GR, código 30145700.

- Para puestos de control final o puestos de control intermedio que requieran exigenciasaltas, estandarizaremos los puestos colocando 2 focos de led en cada puesto,

- similares a los instalados en las líneas 1271, y cuya referencia es: Prolux Mod. 320 18W y 6500K. Diámetro 200mm.

Muy importante tener en cuenta la temperatura de la luz led para estas actividades, siempre para condiciones normales será la especificación de 40000K (código 840), y para puestos de control será de 6500K (código 865), nunca se empleará la especificación de 2700K (código 827). En cualquier caso, siempre se emplearán focos con mínima protección IP65.

> “Aquellas líneas en las que se incorporen nuevas máquinas o haya sido modificado el Layout,deberá ajustarse el alumbrado a la nueva ubicación de los puestos de trabajo, tanto desde elpunto de vista de movimiento de ubicación de las lámparas como desde el punto de vista de calidad de esta, acorde a las

especificaciones requeridas en el cuaderno anteriormente, e incorporando el uso de led".

6.13. Arranque

Los arranques o puesta en marcha de los motores asíncronos, trifásicos, de jaula se harán de lasiguiente forma:

- Potencia <= 15 KW --> arranque directo, si el equipo lo acepta
- Potencia > 15 KW --> arranque Estrella-Triángulo o con arrancadores estáticos.
- Los variadores de frecuencia deben de ser Siemens.

6.14. Motores y servomotores

Los motores de las instalaciones serán blindados para evitar entradas a los mismos de partículas o elementos perjudiciales (Protección IP-55, según DIN 40050).

En caso de estar en el interior de la máquina, o expuestos a contacto con agua, serán IP67 osuperior

6.15. Proteccion de motores

Todos los motores, sin excepción, estarán protegidos por un interruptor magnetotérmico y unrelé térmico. En casos necesarios, deberán llevar sonda térmica con su equipo de aviso

6.16. Armario general

Los armarios donde van instalados los diferentes equipos o elementos eléctricos deberán reunir unas determinadas características:

- Han de estar colocados en una posición elevada y ergonómica. Han de tener fácil acceso y protección eficaz contra elementos exteriores (taladrinas, virutas, etc.).

- Deberán ir instalados unos equipos de refrigeración debidamente homologados (RITTAL u otros). En el interior del armario nunca se deberán sobrepasar los 35°C,

teniendo en cuenta que en nuestras instalaciones a menudo se alcanzan temperaturasde más de 40º C.

- El espesor mínimo de la chapa será de 2mm y los cierres de puertas y demás serántotalmente herméticos mediante juntas de caucho sobre un perfil en forma de U, debidamente encoladas. El cierre de los mismos será según NORMAS DIN.

- El armario dispondrá de una superficie libre de un 20%.

- Los bornes de reserva en los regleteros serán de un 20%

- El armario o armarios deben de llevar instalados su propio punto de iluminación, cuya acometida ha de ser independiente de la del seccionador principal de la máquina o instalación.

6.17. Marcado de aparatos

Todos los aparatos situados en el interior deberán estar marcados e identificados de Acuerdo con el esquema desarrollado, mediante etiquetas o pegatinas de material plástico que sean indelebles.

Cuando haya que identificar elementos en el exterior, es decir, fuera del armario eléctrico, las etiquetas a emplear serán como mínimo plastificadas, estancas e indelebles.

6.18. Marcado de conductores

Los extremos de los hilos, tanto de potencia como de maniobra, irán marcados según el esquema desarrollado mediante señalizadores de anilla.

6.19. Ejecución del cableado

Se hará según el esquema desarrollado. Las marcas de las placas de bornes deberán tener un orden numérico, creciendo de izquierda a derecha y de arriba a abajo. Se deberán tener bornes para todas las salidas.

Condiciones del cableado:

- Cable AZUL: 24V cc
- Cable ROJO: Tensión de mando CA.Cable NEGRO: Tensión de potencia.
- Cable NARANJA: Permanece con tensión cuando se abre el seccionador.

Para detectores:

- Cable AZUL: - (0Vcc) Cable MARRON: + (24Vcc)Cable NEGRO: Salida NA Cable BLANCO: Salida NC

Todos los bornes se deben de numerar, y todos los componentes han de estar etiquetados.El número máximo de cables por borne es dos.

6.20. Neumática

Todos los elementos deberán ser Norma ISO NORGREN-MARTONAIR, y han de ubicarse en la parte externa de la máquina

Los equipos han de ser diseñados para una presión de trabajo de entre 6-7 Kg./Cm². Las mordazas equipadas en los robots deberán llevar protección IP67.

Los equipos instalados deberán tener en su entrada un grupo RFL. Los filtros neumáticos han de equiparse con visor de colmatación

6.21. Documentos técnicos que deben entregar los constructores de máquinas/equipos

- Esquemas eléctricos, hidráulicos y neumáticos desarrollados.

- En máquinas o equipos con PLC y/o con ROBOT, listado de programas comentados y errores, así como de capacidad de entradas y salidas libres.

- Documentación de equipos, instrumentos, accesorios, motores, PLC, etc.

- Esquema eléctrico de ejecución de los circuitos numerados.

-En el sistema hidráulico, se incluirán presiones de operación, Ø de tuberías, espesores,etc.

- Los circuitos del sistema hidráulico de ejecución serán numerados.

- De los esquemas, tanto de ejecución como desarrollados, deberán mandarse 3 copias enpapel + 1copia en soporte informático.

- La nomenclatura de los materiales vendrá representada en forma de tabla, en la cual se indicará:

- Todo el material comercial instalado en los equipos (rodamientos, filtros,electroválvulas, etc.).
- Características generales (nombre, caudal, potencia, tensión, etc.).
- Nombre del fabricante y dirección.
- Referencia del fabricante para facilitar su identificación en los catálogos.

- Libro de instrucciones de funcionamiento o secuencias de trabajo, representadas gráficamente.

- Libro de mantenimiento, en el que se incluirá:

  - Mantenimiento preventivo.
  - Lista de piezas sujetas a desgaste con precios y plazos de entrega de estas.
  - Periodos recomendados para la sustitución de piezas.
  - Eventuales reglajes.

- Libro de recambios y despieces.

- Esquema de lubricación y ficha de engrase con indicación de los puntos a engrasar.

- Tabla de equivalencias de aceites y grasas.

- Ficha de características técnicas de la máquina, con fotografía.

- Planos dimensionados de órganos de la máquina y dispositivos.

- Planos de fundación, transporte y elevación.

- Plano de trabajo, con indicación de todos los datos de preparación (distancias, recorridos, posición de los mandos, etc.)

-Operaciones estándar para la reparación de aquellas averías que requieran unos conocimientos específicos del fabricante, como puedan ser reparación de holguras de

cabezales, desmontajes de husillos, mesas, etc.

Se deben entregar TODOS LOS PROGRAMAS instalados en el PLC, elementos auxiliares, Drivers, pantallas, terminales, etc.

6.22. Nota importante

a) Toda la documentación solicitada, principalmente los libros de instrucciones, vendrá editada en CASTELLANO, o bien acompañada de su correspondiente traducción.

b) La documentación solicitada, deberá recibirse con la mayor antelación posible y siempre antes de la recepción del equipo.

c) Es condición indispensable que la documentación contenga los planos constructivos mecánicos de aquellos componentes susceptibles de manipulación, bien sea por avería, por mantenimiento preventivo, o por intervención periódica según su funcionalidad.

d) Toda la documentación y planos deberá entregarse por triplicado + 1 copia en soporte informático.

e) Todos los equipos e instalaciones que están rodeadas por atmósferas combustibles deberán llevar bobinas antideflagrantes.

f) Equipos con certificado CE:

La declaración de conformidad CE deberá estar redactada en papel de carta con membrete de la Empresa, en la lengua del país de origen y la lengua del país de destino.

Deberá incluir en la cita “Declaramos bajo nuestra responsabilidad, que la máquina “…(A continuación Tipo, Marca, Modelo, Nº de serie, Año de fabricación)…”, es conforme con los requisitos esenciales de seguridad y de salud de las directivas 2006/42/CE y las normas armonizadas”, seguido del nombre y cargo en la empresa de quien lo firma, lugar, fecha y firma.

Las normas armonizadas que deben incluirse son todas las que les puedan aplicar a la máquina o equipo de trabajo.

g) Deberán cumplir con la normativa medioambiental general y especifica de nuestra Planta.

h) En la compra de cualquier instalación, se debe incluir el coste de la Formación y aprendizaje para el personal de mantenimiento según las siguientes premisas:

- La formación la impartirá el proveedor, en idioma Español, y antes de la puesta enmarcha.

- Se entregará a los participantes un manual básico incluyendo: Manejo, ajustes,puesta a punto y planos eléctricos, hidráulicos y neumáticos.

- Se realizará en nuestras instalaciones, excepto en los siguientes casos en los queserá necesario impartirla en las instalaciones del proveedor:

i) En la adquisición de cualquier equipo o instalación, se debe incluir la compra de un listado de recambios recomendados por el fabricante, que serán entregados a Mantenimiento y será condición indispensable para la recepción de cualquier equipo por parte de mantenimiento.

j) En la documentación deberán venir las recomendaciones del fabricante para establecer el mantenimiento preventivo de la Instalación, tanto desde el punto de vista de seguridad, comodesde el punto de vista de funcionamiento de la instalación, con el fin de establecer un uso seguro de la misma.

k) En las instalaciones que consuman agua osmotizada, debe colocarse un contador mecánico clase C a la entrada de la instalación, en lugar perfectamente visible y donde se pueda tomar la lectura sin problemas. Se debe colocar un soporte en ese punto para colocarel documento donde se hagan las anotaciones.

l) “Aquellos equipos de trabajo que necesiten algún producto químico para su funcionamientodeberán cumplir con los requerimientos legales de la normativa REACH/CLP que se indica acontinuación:

- REGLAMENTO (CE) N o 1907/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DE CONSEJO de 18 de diciembre de 2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica laDirectiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) n o 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) n o 1488/94 de la Comisión, así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y

2000/21/CE de la Comisión.

- REGLAMENTO (CE) No 1272/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) no 1907/2006.

6.23. Seguridad de las máquinas

1. Al adquirir una máquina o equipo nuevo o usada, tanto de fabricación nacional como extranjera, es necesario exigir al vendedor, importador o cedente los justificantes de como dicha máquina o equipo están debidamente homologados y certificados según las normas vigentes.

2. Toda máquina/instalación debe disponer de Marcado CE y Declaración CE de conformidad.

3. Tras la instalación de la máquina en Planta, debe efectuarse una certificación por empresa autorizada según RD1215/1997 sobre la misma, gestionado por el Dpto. comprador.

4. El Dpto. comprador, ha de gestionar la colocación de la correspondiente “línea de vida” para la realización de los trabajos en altura según exige la ley.

5. De acuerdo con el suministrador se planificará la formación con el Dpto. comprador para el personal que trabajará en dicha máquina y para el personal de Mantenimiento.

6. Todos los suelos de tránsito y acceso de personal serán realizados en tramex, en ningún caso podrá emplearse chapa lagrimada.

7. Ninguna máquina/instalación será autorizada a trabajar SIN CUMPLIR los requisitos anteriores.

8. La máquina/instalación dispondrá de un diferencial de entrada con un relé de sensibilidad máx.300 mA.

6.24. Energías y fuentes renovables

Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

6.25. Prevención de riesgos laborales

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo.

7. Conclusiones

7.1. Resumen

Propuesta 1

Dificultad: Hay que colocar tres encoders, para los cuales se tienen que fabricar unos soportes, la instalación de los módulos de entradas y salidas es sencilla, ya que simplemente se tiene que agregar dos tarjetas al módulo Wago que ya está instalado en el robot.

Modificación: No hay que hacer una modificación sustancial de la máquina, ya que simplemente hay que colocar los soportes en esta, y la instrumentación va colocada en los mismos.

Capacidad de actuación: Este método me permite conseguir todos los datos de la posición que necesito, pero no me permite actuar sobre la máquina de ninguna manera.

Perspectiva económica: Muy interesante en el aspecto económico ya que se trata de una solución muy asequible con un alto retorno de la inversión.

Propuesta 2

Dificultad: No tiene gran dificultad, además del módulo hay que agregar un circuito paralelo, pero sigue siendo una operación sencilla.

Modificación: No hay que cambiar ningún elemento, pero hay que colocar un circuito paralelo al cuadro de mando para las salidas.

Capacidad de actuación: me permite recopilar datos y actuar sobre la maquina gracias a la agregación del módulo de salidas digitales, pero no con mucha precisión.

Perspectiva económica: Al igual que ocurre con la primera propuesta, esta también es una solución a tomar en cuenta en cuanto al análisis presupuestario.

Propuesta 3

Dificultad: Se eleva bastante ya que hay una comunicación intermedia entre la mesa y el robot, además al sustituir motores y válvulas hay que dimensionar los nuevos correctamente, además de configurar sus respectivos protocolos de comunicación.

Modificación: Hay que modificar gran parte de la maquina ya que no solo es instalar nuevos elementos y sensores, sino que hay que sustituir muchos de los que ya tiene instalados la máquina.

Capacidad de actuación: Alta ya que podemos controlar los movimientos directamente desde el mismo programa del robot, utilizando elementos de gran precisión y dándole al robot una realimentación constante de la posición.

Perspectiva económica: En este caso se trata de una alternativa bastante más elevada de precio, tanto que la inversión llega a aumentar alrededor de un 100%. Esto es entendible cuando se observa la lista de equipos utilizados y la tecnología empleada, así como el objetivo final, que sería un proceso más complejo y avanzado con una sincronización y control total sobre la mesa.

7.2. Solución final

Tras un exhaustivo análisis de las necesidades y las soluciones planteadas en los apartados anteriores, y la comparación entre ambas, se ha llegado a la conclusión de que la propuesta más interesante coincide con la propuesta 2, donde se utilizan los resolvers para la lectura de la posición en tiempo real, conectados a una tarjeta de entradas analógicas. Toda la información entre robot y posicionador se intercambia a través del bus de campo DeviceNet. A continuación, se muestra una tabla comparativa con los puntos analizados que se detallarán posteriormente:

ASPECTO	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3
Técnico	Relativamente sencillo	Sencillo y muy preciso **x**	Complejo
Económico	Viable **x**	Viable **x**	Inviable
Operativo	Relativamente sencillo	Sencillo **x**	Complejo y avanzado
Temporal	Viable **x**	Viable **x**	Largo

Tabla 17 - Comparativa de propuestas

Aspecto técnico

En el aspecto técnico, la propuesta 3 conlleva una complejidad elevada a la hora de desarrollar y poner en marcha el sistema, mientras que las dos primeras resultan bastante

más sencillas, por lo que a priori podrían valer cualquiera de la dos. Si la definitiva es la propuesta 2 es por su aumento de precisión con respecto a la 1, sin que esto suponga una mayor dificultad en la configuración y ajuste de los equipos.

Aspecto económico

En cuanto al ámbito económico, la propuesta 3 se eleva hasta aproximadamente el 100% con respecto a las propuestas 1 y 2, sobrepasando el presupuesto disponible para este proyecto. Por lo tanto, la elección en base al presupuesto podría ser la propuesta 1 o la 2, indistintamente, ya que la diferencia entre una y otra es mínima, alrededor de un 5%.

Aspecto operativo

Tomando como perspectivo los métodos de operación durante el manejo de la máquina, habría que analizar cuántos tipos de piezas se van a fabricar, qué movimientos va a realizar la máquina y qué controles son necesarios. En este caso, la mesa se utilizará para todo tipo de piezas que sea necesario fabricar en función de las necesidades de la empresa, por lo que los movimientos no pueden definirse previamente. Por lo tanto, para dar mayor independencia al operador de la máquina la mejor alternativa será dejar el movimiento manual de la mesa para que el propio operario pueda ajustarla según el trabajo a realizar y la pieza a soldar, y ya el robot haga el seguimiento de la misma. Por esto, la propuesta 3 queda descartada ya que cada vez que entraría una pieza nueva al proceso, el técnico debería de reprogramar el sistema para las nuevas posiciones y trayectorias, lo que aumenta los tiempos de producción y los costos asociados.

Entonces sólo quedan las propuestas 1 y 2. En ellas el método de trabajo es similar, por lo que la diferencia la marcará la probabilidad de error y de fallo de la máquina. Es por esto por lo que la propuesta seleccionada es la segunda, por su mayor precisión, dando lugar a un error menor y una reducción de los retrabajos de la pieza.

Aspecto temporal

Observando los tiempos de desarrollo y puesta en marcha del sistema, es viable tanto la primera como la segunda propuesta, con un espacio temporal de unas 6 semanas para la configuración de los equipos, pruebas, ajustes y puesta en funcionamiento. La propuesta 3 se alargaría 2 semanas más, retrasando la producción y aumentando los costes de desarrollo del sistema notablemente.

Bibliografía

Equipos Nucleares, S.A. SME: Historia [Internet]. Disponible en: https://www.ensa.es/historia (Consultado: Noviembre, 2023).

Equipos Nucleares S.A. SME: Productos [Internet]. Disponible en: https://www.ensa.es/productos/ (Consultado: Noviembre, 2023).

Equipos Nucleares S.A. SME: I+D+I (CTA) [Internet]. Disponible en: https://www.ensa.es/centro-de-tecnologia-avanzada/ (Consultado: Noviembre, 2023).

RS Componentes: Suministro de equipos y material [Internet]. Disponible en: https://es.rs-online.com/ (Consultado: Noviembre, 2023).

Selcansa: Suministro de equipos y material [Internet]. Disponible en: https://www.grupoelektra.es/ (Consultado: Noviembre, 2023).

Wago: Especificaciones de equipos [Internet]. Disponible en: https://www.wago.com/es/ (Consultado: Noviembre, 2023).

ABB: Manuales y especificaciones de equipos [Internet]. Disponible en: https://new.abb.com/products/robotics/es (Consultado: Noviembre, 2023).

InfoPLC: Info encoders y resolvers [Internet]. Disponible en: https://www.infoplc.net/blogs-automatizacion/item/107183-sistema-realimentacion-posicion-encoder-resolver (Consultado: Noviembre, 2023).

Manuales

A. Narducci, S.p.A. (2015). Use and maintenance manual – Original instructions. MP-P20E - (Revisione 01).

Manual del producto - IRB 4600 3HAC033453-005 Revisión: AA.

Manual de aplicación: Controller software IRC5

Application manual Conveyor tracking [Internet]. Disponible en: https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC066561-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch&DocumentRevisionId=G (Consultado: Noviembre, 2023).