Universidad Zaragoza
1542

# Trabajo Fin de Grado

## Diseño y configuración de una célula de fabricación automatizada para tubos doblados de sistemas de escape aplicando los principios del Lean Manufacturing


Autor

Jorge López Racaj

Director

Martín Leal, Luis

Ponente

Royo Vázquez, Emilio

Facultad / Escuela EINA


Año 2016

TRABAJOS DE FIN DE GRADO / FIN DE MÁSTER

Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./Dª. Jorge López Racaj,

con nº de DNI 17763485X en aplicación de lo dispuesto en el art. 14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster) Grado en Ingeniería Mecánica, (Título del Trabajo) Diseño y configuración de una célula de fabricación automatizada para tubos doblados de sistemas de escape aplicando los principios del Lean Manufacturing,

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 4 de Febrero de 2016

Fdo:

**INDICE**

1 OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO ..... 5
2 INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA Y AL PRODUCTO ..... 6
2.1 Grupo Bosal y Bosal España ..... 6
2.2 Los sistemas de Escape ..... 6
2.3 Tubo a fabricar en la célula ..... 8
2.3.1 Especificaciones técnicas ..... 8
3 PRINCIPIOS DE "LEAN MANUFACTURING" ..... 10
3.1 Pensamiento Lean Versus Muda ..... 10
3.2 Implantación de la Filosofía Lean ..... 10
3.3 Justificación de la automatización en el sector de automoción ..... 11
4 CÉLULA DE FABRICACIÓN INICIAL ..... 13
4.1 Secuencia de operaciones del operario ..... 14
4.2 Máquinas ..... 14
5 CONFIGURACIÓN DE LA CÉLULA DE FABRICACIÓN ..... 20
5.1 Requerimientos de producción ..... 20
5.2 Equipamiento de la nueva instalación ..... 21
5.2.1 Robots ..... 21
5.2.2 PLC de control ..... 23
5.2.3 Máquinas ..... 24
5.2.4 Utillajes ..... 24
5.2.5 PLC de seguridad ..... 25
5.3 Control de producción ..... 27
5.4 Layout ..... 28
5.5 Descripción del proceso ..... 29
5.6 Esquema eléctrico y Programación ..... 33
5.7 Tiempos ..... 34
5.7.1 Descripción de un turno ..... 34
6 ANÁLISIS DE VIABILIDAD ..... 36
7 ESTUDIO DE REPETIBILIDAD (R&R) ..... 38
8 PLAN DE MEJORAS SOBRE LA CONFIGURACIÓN INICIAL ..... 39
8.1 Mejora de tiempos ..... 39
8.2 Control de calidad ..... 39
8.3 Mejoras en la cortadora ..... 40
8.4 Contaje de piezas ..... 40
8.5 Mejoras en la seguridad y manipulación del trolley ..... 42
9 CONCLUSIONES ..... 44
10 BIBLIOGRAFÍA ..... 45

## ÍNDICE FIGURAS:

FIG.1: VISTA BOSAL ESPAÑA ZARAGOZA S.A. 6
FIG.2: SISTEMA DE ESCAPE COMPLETO 7
FIG.3: SILENT BLOCK 7
FIG.4: TUBO 1150021167 8
FIG.5: IMAGEN 1150021167 9
FIG.6: HISTÓRICO FABRICACIÓN 11
FIG.7: LAYOUT ANTIGUO 13
FIG.8: DOBLADORA 16
FIG.9: RAMPA ALIMENTACIÓN DE TUBOS 16
FIG.10: CORTADORA 17
FIG.11: CALIBRADORA 19
FIG.12: DEFINICIÓN DE CANTIDADES 20
FIG.13: FANUC RH S420 22
FIG.14: ALCANCE FANUC RH S420 23
FIG.15: GARRA ROBOT 25
FIG.16: BANCADA ROBOTS 25
FIG.17: PILZ SEGURIDAD 27
FIG.18: HOJA DE MATERIAL EN PRUEBAS 27
FIG.19: LAYOUT ACTUAL LÍNEA CURVADO 28
FIG.20: ETIQUETA PARA TROLLEY 28
FIG.21: ETIQUETA DE RECOGIDA DE TROLLEY COLOCADA EN SUELO 29
FIG.22: BRAZO CARGADOR Y RAMPA ALIMENTACIÓN DOBLADORA 29
FIG.23: TUBO DOBLADO EN ROBOT 30
FIG.24: PASO DE TUBO R1-R2 31
FIG.25: TALADRO CON DETECTOR DE MATERIAL SOBRANTE 31
FIG.26: ORGANIGRAMA PROCESO 32
FIG.27: PREVISIÓN DE AHORRO 37
FIG.28: ÚTIL DE COMPROBACIÓN DEL TUBO 1150021167 39
FIG29: SOPLADOR Y LUBRICADOR DE LA CORTADORA 40
FIG.30: MONITOR DE SEGUIMIENTO BESZ 41
FIG.31: PROGRAMA PRODUCCIÓN TRAMOS. 42
FIG.32: BARRA DE SEGURIDAD DESMONTABLE PARA TROLLEY. 43
FIG.33: SISTEMA ELEVACIÓN TROLLEY 43

## INDICE DE TABLAS:

TABLA 1: EJES DE FANUC RH S420F.....22
Tabla 2: Datos curvadora tubo 1150021167 ……..31
Tabla 3: Tabla 3: Ciclo de un tubo completo ……32
Tabla 4 : Descripción de turno de mañana en célula de curvado……...32
Tabla 5: Resultados R&R año 2012…….....34
Tabla 6: Resultados R&R año 2015.....34

# 1 OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO

Con este TFG se pretende el rediseño de una célula de fabricación para la producción de tubos doblados, perteneciente a un sistema de escape frontal en Bosal Industrial Zaragoza S.A., en la que se desarrollan tareas de doblado, calibrado, taladrado, corte y colocación en contenedor, según especificaciones de diseño.

La nueva configuración de la célula de fabricación, en concreto para la referencia 1150021167, debe adecuarse a los principios del "Lean Manufacturing" para lograr los siguientes objetivos:

- Garantizar una elevada repetibilidad y mejora de la calidad del proceso.
- Reducción del coste de fabricación.

Entre otros aspectos a considerar en el rediseño de la célula de fabricación, se fija el objetivo concreto de reducir el número de operarios por turno (de 1,4 a 0,2) al automatizar las tareas productivas, limitando la actuación humana a la carga y descarga de material. Esta automatización pretende mejorar la capacidad de proceso. Se desarrollará mediante la incorporación de robots de manipulación intracélula. También deberán configurarse otros elementos de la célula, ajustando las operaciones y considerando los requerimientos de producción dentro de la fábrica.

El proyecto queda enmarcado dentro de un proyecto de I+D+i, desarrollado por un equipo del Departamento de Ingeniería de Bosal Industrial Zaragoza, en el cual, desde su inicio y bajo la coordinación del director de departamento, el autor ha trabajado en la definición conceptual, el diseño de garras y layout, y puesta en marcha, además de colaborar directamente en las tareas de gestión, control y supervisión del proyecto, así como impartiendo a los operarios cursos sobre su uso.

# 2 INTRODUCCIÓN A LA EMPRESA Y AL PRODUCTO

## 2.1 Grupo Bosal y Bosal España

Fundada en 1923 en Alkmaar, el Grupo Bosal está registrado en Holanda, con sede en Lummen, Bélgica. El volumen de negocios anual superó en 2010 los 683 Millones Euros. El Grupo Bosal emplea a más de 5.600 personas en 30 plantas de producción y 18 centros de distribución. La cartera de clientes de Bosal incluye a todos los principales fabricantes de automóviles en todo el mundo, así como una variedad de conglomerados industriales.

Cifras anuales de producción

- 11.000.000 Sistemas de escape.
- 100.000.000 m de tubo.
- Inversiones en 2010: 18 millones de euros
- Cifras de negocio en 2010: 683 millones de euros

La filial española de este grupo está especializada en la fabricación de sistemas de escape y otros equipamientos para el sector del automóvil, establecida en España desde 1991 y situada en el polígono industrial " El Pradillo" en la localidad de Pedrola cuenta con unas instalaciones de aproximadamente 8000 metros cuadrados.

**Vista Bosal España Zaragoza S.A.**

## 2.2 Los sistemas de Escape

Es el conjunto de tubos y componentes que hacen que se reduzca el nivel de ruidos emitidos por los motores de explosión y que conducen los gases producidos en la combustión, desde el motor a la parte trasera del vehículo.

Un sistema de escape está constituido, generalmente, (puede haber motores especiales que no incorporen todos los componentes) por:

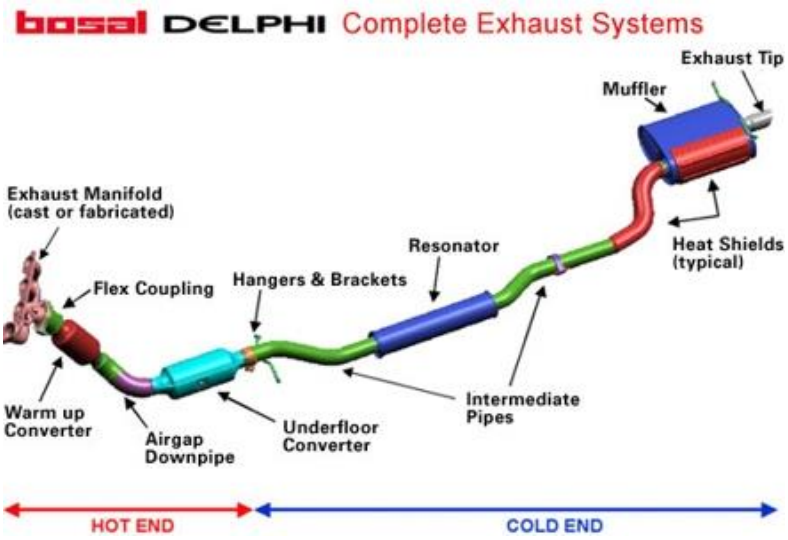
- Colector de escape: encargado de canalizar los gases quemados de los cuatro o seis cilindros hasta un único tubo común.
- Convertidor Catalítico (catalizador): encargado de depurar los gases. Suele estar situado cerca del colector porque para su buen funcionamiento; necesita trabajar

a temperaturas elevadas. Es necesario recorrer al menos unos 10 Km con el vehículo para que empiece a ser efectivo al 100%.

- Filtro de partículas: de especial aplicación a los motores diesel, retiene las partículas sólidas producidas en la combustión.
- Flexible: para absorber vibraciones procedentes del motor y que podrían romper el sistema por su punto más débil.
- Silencioso delantero: situado después del catalizador. En él se realiza la primera expansión para amortiguar ligeramente las presiones del escape.
- Silencioso intermedio: puede existir o no, en función del motor que se considere y los objetivos de atenuación a conseguir.
- Silencioso trasero: es el último paso en la amortiguación de las ondas de presión, termina en el tubo de salida que puede llevar incorporado un embellecedor.
- Cola (vista, o en los bajos del vehículo) de salida de gases.

Todos los elementos anteriores están unidos por tubos, más o menos curvados para acoplarse a la geometría de los bajos de la carrocería del automóvil.

Por último, los tubos se sujetan entre sí por abrazaderas o soldadura y el sistema completo se suspende de la carrocería mediante acoplamientos elásticos de goma para permitir cierto movimiento relativo (silent blocks).




**Sistema de escape completo**

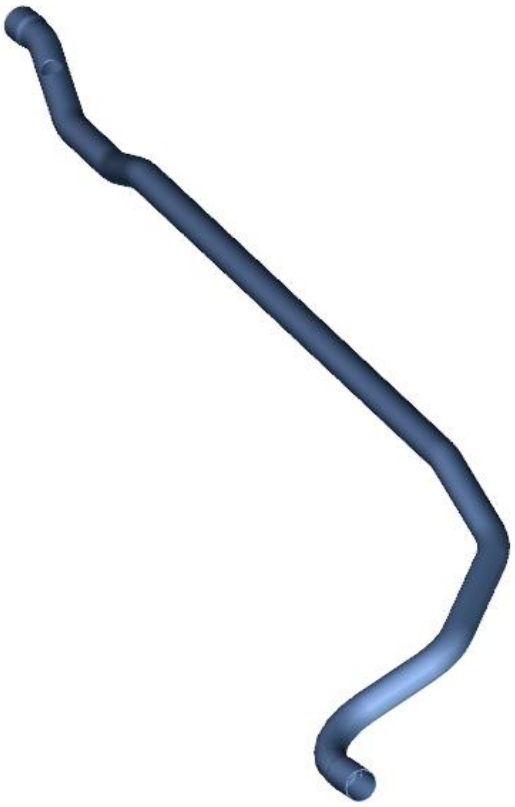
**Silent block**

## 2.3 Tubo a fabricar en la célula

### 2.3.1 Especificaciones técnicas

La referencia a automatizar es la 1150021167, con las siguientes características:

- Tubo salida frontal A12XER CORSA 4420
- Material: Acero inoxidable ferrítico 1.4512. Sus aplicaciones principales están en la industria del automóvil, donde se usa en partes de sistemas de escape. Puede trabajar a temperaturas de hasta 600 ºC.
- Diámetro del tubo: 40 mm
- Espesor: 1,2 mm
- Longitud: 2334 mm
- Radio de curva: 100 mm
- Diámetro lado entrada expandido 45 mm
- Diámetro lado salida expandido: 42 mm
- Diámetro agujero taladrado: 27,1 mm
- Número de curvas a realizar: 10 (ver pag. 31)
- Diámetro del taladrado: 27,1 mm
- Posición de los dos nodos simétricos: Distancia 39 mm, Angulo 30º 10º



**Tubo 1150021167**

**Imagen 1150021167**

Uno de los principales problemas que se detectaban cuando se trabajaba con operario era el del taladrado. La operación de taladrado se hace en un utillaje destinado al mismo, pero ocurría que en algunas ocasiones se quedaban los restos del taladrado dentro del tubo. Esto provocaba que cuando el sistema de escape era montado en el vehículo, si no se detectaba, podía provocar ruidos. Para ello se estableció desde el departamento de calidad una *Alerta de Calidad* con la foto del problema donde se indicaba que todos los tubos fabricados debían de ser revisados y asegurarse de que no quedaba material sobrante en el tubo.

Mediante el nuevo diseño automatizado de la línea, se ha instalado un sensor que detecta después de cada taladrado el material sobrante. Si no es así el robot deposita el tubo en un contenedor de material dudoso para que sea revisado posteriormente.

# 3 PRINCIPIOS DE "LEAN MANUFACTURING"

## 3.1 Pensamiento Lean Versus Muda

La *Muda* se trata de la única palabra japonesa que se debe conocer en este campo. Significa "despilfarro", específicamente toda tarea humana que absorbe recursos, pero no crea valor: fallos que precisan rectificación, producción de artículos que nadie desea y el consiguiente amontonamiento de existencias y productos sobrantes, pasos en el proceso que realmente no son necesarios, movimientos de empleados y transporte de productos de un lugar a otro sin ningún propósito, grupos de personas en una actividad aguas abajo, en espera porque una actividad aguas arriba no se ha entregado a tiempo, y bienes y servicios que no satisfacen las necesidades del cliente.
Frente a todos estos "despilfarros" es donde entre la Filosofía Lean. Esta proporciona un método para especificar valor, alinear las acciones creadoras de valor de acuerdo con la secuencia óptima, llevar a cabo estas actividades sin interrupción siempre que alguien las solicite y realizarlas de forma cada vez más eficaz. En resumen el pensamiento *lean* es *lean* porque proporciona un método de hacer más con menos. También proporciona un modo de trabajar más satisfactorio ofreciendo un *feedback* inmediato de los esfuerzos para convertir la *muda* en valor. Y, en fuerte contraste con la moda reciente de la reingeniería de procesos, proporciona un método para crear nuevo trabajo, en lugar de simplemente destruir puestos de trabajo en nombre de la eficiencia.

## 3.2 Implantación de la Filosofía Lean

A la hora de implantar en cualquier empresa una nueva forma de trabajar en necesario seguir unas pautas para llegar a una conclusión satisfactoria tanto para el cliente como para el productor. En este caso los pasos a seguir son los siguientes:

- **Especificar el *Valor***

  El punto de partida básico para el pensamiento Lean es el valor. El valor solo puede definirlo el consumidor final. Solamente es significativo cuando se expresa en términos de producto específico que satisface las necesidades del consumidor a un precio concreto, en un momento determinado.

- **Identificar el flujo de valor**

  Es el conjunto de todas las acciones específicas requeridas para pasar un producto específico por las tres tareas de gestión críticas de cualquier empresa: la solución de problemas, gestión de la información y transformación física.

- **Pull (Atracción)**

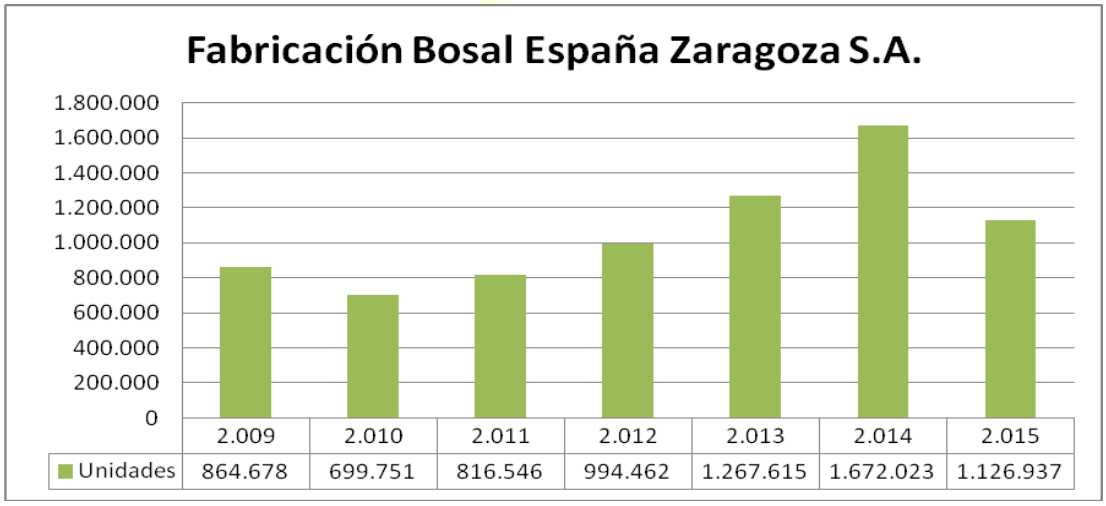
  El primer efecto visible de la evolución desde departamentos y lotes a equipos de producto y flujo, es que el tiempo necesario para ir desde la concepción al lanzamiento, desde la venta a la entrega, y desde la materia prima al consumidor, desciende de forma espectacular.

- **Perfección**
  Una vez que se van cumpliendo todos los pasos que en un principio parecían imposibles, la perfección, el cuarto y último paso, no es una idea disparatada.

- **Últimos pasos.**
  Una vez que se han establecido todos los pasos ya solo queda saber el premio al que podemos tener acceso cuando implantemos él sistema. También se debe evitar el estancamiento y continuar mejorando en la medida de lo posible y por último la puesta en marcha de todo.

## 3.3 Justificación de la automatización en el sector de automoción

La actual situación de falta de liquidez, unida a los considerables descensos en la producción de automóviles derivados de las bajas ventas (ver Fig. 1), implica para los suministradores de piezas para la fabricación de automóviles un contexto ciertamente complicado de abordar. La calidad hoy en día es uno de los aspectos más importantes debido a la gran competitividad que hay en el mercado. Se exige calidad en los productos. Para ello se intenta desde Bosal España Zaragoza aumentar el valor de los productos, a través de mejoras en la organización (5S), equipos de producción y capacitación de la plantilla, que permitan mantener la penetración de la empresa y obtener nuevas cuotas de mercado para asegurar su subsistencia en un sector que actualmente parece ser que está retomando de nuevo una tendencia positiva.




**Histórico fabricación**

Los principales ejes sobre los que se articula este plan de competitividad son los siguientes:

- Desarrollo de los nuevos productos para los que se han ganado diversos contratos de suministro.
- Automatización y mejora de los actuales procesos productivos, en términos de eficiencia, calidad de producto generado y sostenibilidad del medio ambiente.
- Implantación de nuevos sistemas avanzados para la producción, mediante el empleo de tecnologías de la información.

- Capacitación de los empleados para un mejor desempeño en sus puestos de trabajo.
- Reducción de los costes de fabricación.

La consecución de estas medidas debe permitir a Bosal España Zaragoza posicionarse como una de las grandes empresas del sector automovilístico.

La automatización de un proceso frente al control manual del mismo proceso, brinda ciertas ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico, pudiéndose resaltar las siguientes:

- Se asegura una mejora en la calidad del trabajo y en el desarrollo del proceso, esta dependerá de la eficiencia del sistema implementado.
- Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
- Existe una reducción en los tiempos de procesamiento de información.
- Flexibilidad para adaptarse a nuevos productos y disminución de la contaminación y daño ambiental.
- Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima.
- Aumento en la seguridad de las instalaciones y la protección a los trabajadores.

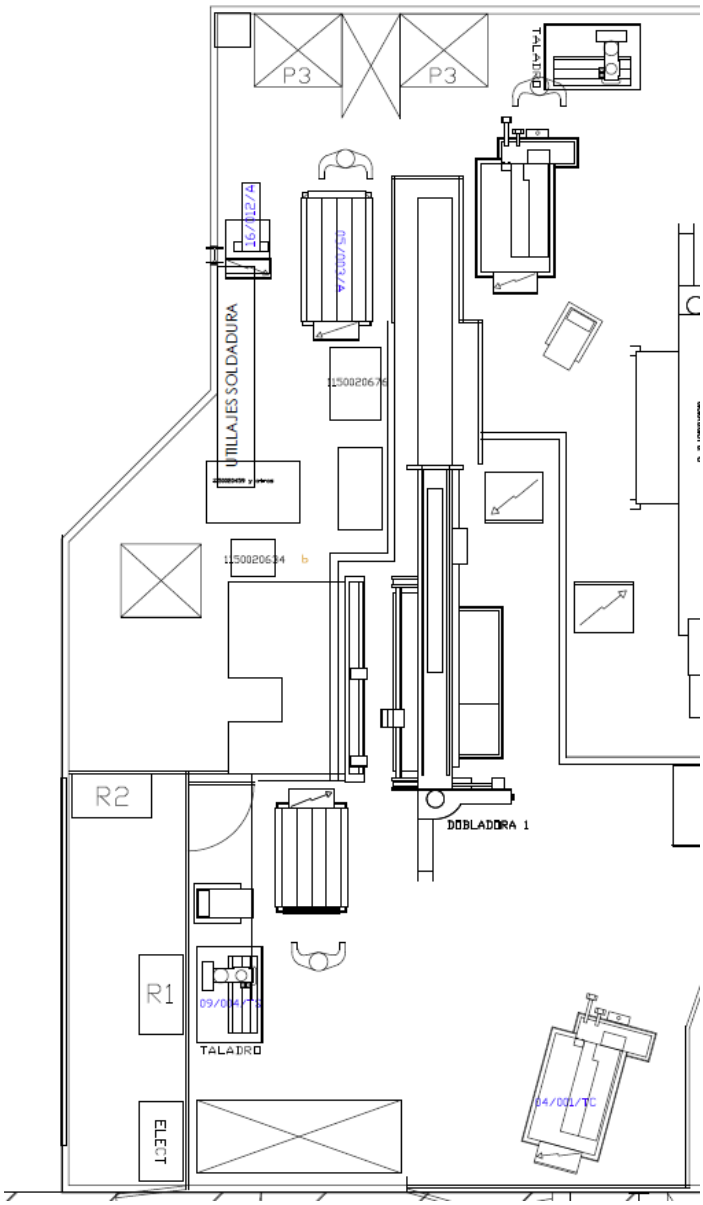
Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza

# 4 CÉLULA DE FABRICACIÓN INICIAL

La instalación considerada en este proyecto para su modificación, es Dobladora 1, que anteriormente se dividía en dos zonas:

- Zona de doblado de tubo, totalmente automatizada, donde un brazo alimentaba la dobladora y mediante otro se descargaba el tubo doblado.
- Zona de corte, calibrado y taladrado. En esta zona desarrollaba su trabajo el operario. En ella se realizaba tanto el corte del tubo, su calibrado de entrada y salida, el taladrado y la colocación en el contenedor del tubo doblado.

Esos procesos, habitualmente, se realizaban por un operario ya que si se introducía algún operario más en la zona se podían producir colisiones debido al poco espacio y a la elevada longitud del tubo. La línea tenía una superficie de 69,97 m2.




**Layout antiguo**

## 4.1 Secuencia de operaciones del operario

El proceso que realizaban los operarios era el siguiente:

Ciclo de doblado y corte:

1. Cargar la rampa de la dobladora.
2. Desplazarse a bandeja, coger tubo doblado y durante el desplazamiento a la máquina de corte inspeccionar tubo doblado (ver que no existan arrugas ni marcas fuertes y ausencia de rajas en curvas)
3. Máquina de corte: Posicionar tubo en plantilla, colocar tope y mordaza y accionar ciclo presionando los botones de seguridad con las dos manos (asegurarse el apoyo correcto en el útil).
4. Control de tubo doblado: 1 tubo a la hora.
5. Evacuar chatarra del cubo con casquillos (Waste product) cuando corresponda.
6. Volver al punto 1 para reiniciar el ciclo de corte hasta completar la gaveta. Una vez completada comenzar el ciclo de calibrado desplazándose a la Eagle.

Ciclo de taladrado:

1. Coger pieza cortada y calibrada y colocar en el utillaje de taladrado.
2. Presionar el botón de inicio.
3. Después del taladrado asegurarse de que no quedan restos de material en el interior del tubo.
4. Colocar el tubo terminado en un contenedor y llamar al carretillero cuando este completo para que nos lo retire y coloque un contenedor vacio.

Ciclo de calibrado:

1. Coger pieza de gaveta y colocar en primer calibrado accionar pedal.
2. Voltear la pieza, posicionar en segundo calibrado y accionar pedal (calibrado de salida: redondear para eliminar pellizcos)

## 4.2 Máquinas

La instalación inicial contaba con las siguientes máquinas:

Dobladora DB 76 Addison:

Características técnicas:

La dobladora DB 76 es automática, asistida por CNC (control numérico), basada en un sistema hidráulico ayudado por un sistema neumático auxiliar para el doblado de tubos.

El sistema de control de la máquina se divide en:

- Consola de control con pantalla sensible al tacto (Pantalla táctil)
- Armario de control

Las partes mecánicas de las que consta son:

- Pinza
- Matriz de doblado
- Matriz de sujeción
- Matriz de presión
- Mandril
- Matriz limpiadora

Sus características principales son:

- Diámetro exterior máximo: 76 mm
- Espesor de pared máximo: 3 mm
- Movimiento del brazo doblador máximo: 193 º
- Longitud máxima del tubo: 3000 mm

Operación:

La maquina dispone de una zona de carga, donde se depositan manualmente los tubos. Un brazo articulado posiciona cada tubo dentro de la maquina. Un cabezal de la maquina sujeta con una mordaza el extremo del tubo y realiza los movimientos convenientes combinados de giro y avance. En el otro extremo del tubo, dos mordazas combinadas con forma (de un radio adecuado) abrazan el otro extremo del tubo y le someten a una torsión de los grados necesarios sobre un eje de giro exterior. Otro brazo articulado descarga el tubo de la instalación una vez terminadas todas las operaciones de doblado.

La máquina puede actuar en manual o automático (el operario usa un pulsador desde la pantalla de control para su arranque, estando el entorno de la maquina protegido con controles de seguridad adecuados – barreras, protecciones, alfombras de seguridad, detector láser- para evitar que el operario se sitúe en posición de riesgo pudiendo ser alcanzado por los tubos en su movimiento).

**Dobladora**

Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza

**Rampa alimentación de tubos**

Cortadora: modelo TC80PC de Eagle

Características técnicas:

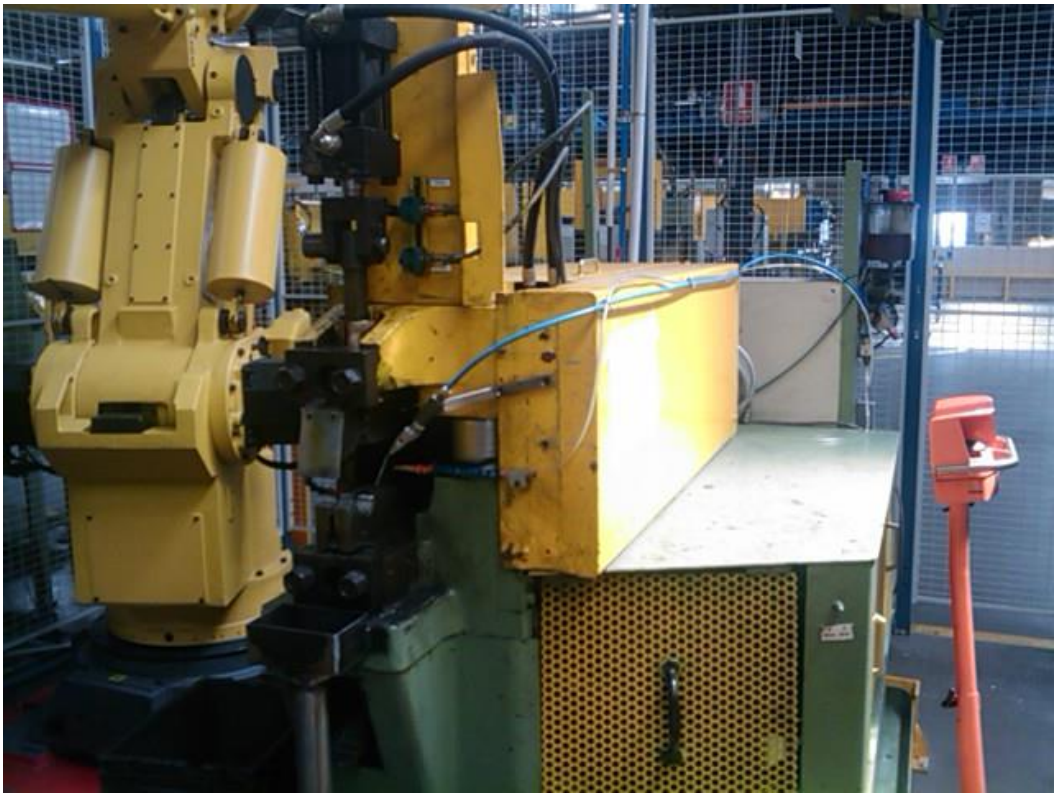
- Alimentación: 380v
- Frecuencia: 50Hz
- Potencia: 11KW.
- Presión máxima: 100Bar
- Aceite: tipo mineral de calidad superior de grado 300SSU

Operación:

Dispone de dos cuchillas, una vertical, que corta, aproximadamente, un 30% del espesor de la pared del tubo, y una horizontal que realiza el corte completo del tubo.

Puede actuar en manual (el operario baja la mordaza, y mueve las cuchillas horizontal y vertical) o automático (el operario usa un pulsador bimanual para su uso).

Su funcionamiento en automático es el siguiente: cuando el operario presiona el pulsador bimanual baja la mordaza que sujeta el tubo, la cuchilla vertical baja y realiza un corte del 30% de espesor de la pared del tubo, y después la cuchilla horizontal avanza realizando el corte completo. Finalmente se levanta la mordaza.



**Cortadora**

Taladro: máquina

Características técnicas:

- Avance automático – embrague mecánico
- Transmisión por engranes
- Bancada fija de 520 x 390 mm. y cabezal desplazable y giratorio
- Capacidades de taladrado: 32 - 35 mm.
- Avances: 0,10 - 0,20 - 0,30
- Husillo: CM.4
- Velocidades: (8) 75 – 2100 rpm.
- Profundidad de taladrado: 160 mm.
- Peso máquina: 520 Kg.
- Equipo de refrigeración
- Equipo de luz

Calibradora: máquina EAGLE IOIO 90

Características técnicas:

- Alimentación: 400v
- Frecuencia: 50Hz
- Potencia: 11KW.
- Presión máxima: 100Bar (interior), 150 Bar (exterior)
- Diámetro de tubo: 38-70 mm
- Grosor de pared: 0.8-2 mm
- Aceite: tipo mineral de calidad superior de grado 300SSU

Puede actuar en manual (el operario realiza los ciclos manualmente) o automático (el operario pisa un pedal para ponerlo en marcha y realiza un calibrado completo). Su funcionamiento es el siguiente: cuando el operario aprieta el pedal sale un centrador, se adelanta el torno y se cierran los dedos del utillaje, una vez calibrado se abren los dedos, el torno retrocede y el centrador vuelve a su posición inicial. En este caso se calibran internamente o externamente los extremos del tubo, pero la máquina tiene varias opciones de funcionamiento: calibrar los dos externamente, los dos internamente o mezclados.

Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza

**Calibradora**

Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza

# 5 CONFIGURACIÓN DE LA CÉLULA DE FABRICACIÓN

## 5.1 Requerimientos de producción

Los requerimientos de producción son los siguientes:

- Producción anual: 100.000 unidades
- Días de producción: 220 días

Al tener la línea entera dedicada a una sola referencia no es necesario acumular un exceso de stock de seguridad. Para ello se hace un estudio de los pedidos y se establece un stock de seguridad de 1,5 días, con objeto de reducir el inventario en curso y el espacio necesario para la célula de fabricación.

- Tubos al día: 454
- Stock de seguridad: 681 tubos

Debido a la peligrosidad y el poco espacio del que se dispone hoy en día en Bosal España Zaragoza S.A. se está limitando el uso de carretillas en planta en la medida de lo posible. Para ello se ha estandarizado el modelo de trabajo de acuerdo a la filosofía *lean* el cual implanta el uso de trolleys y KLT´s en planta. En nuestro caso dado que la pieza que estamos fabricando tiene una longitud mayor de 500 mm se utilizará un trolley. Con esto evitamos depender del carretillero cuando queremos cambiar de contenedor ya que estos trolleys, al disponer de ruedas en la base inferior, pueden moverse sin dificultad por cualquier operario.

Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza

- Cantidad de unidades por trolley: 50
- Nº de trolleys necesarios: 13
- Nº de trolleys dedicados: 15

La definición de las cantidades de trolleys se hace con una herramienta interna de bosal con la que introduciendo el peso, y las dimensiones de la pieza te sugiere cuál es el mejor *packaging* para ese tipo de pieza y cuantas pueden caber en el. En este caso se optó por las 50 unidades con la idea de estandarizar las referencias que se consumen en la línea de soldadura van en paquetes de 50 piezas. De este modo se evitan viajes innecesarios para recoger material.

PACKAGING DECISION TOOL - Components in Container

| Part information: | |
|---|---|
| Part#: | 1150021167 |
| Part Name: | tubo doblado A12XEr front |
| Part Weight (kg): | 2,500 |
| Daily Average Consumption | 424 |

| | X | Y | Z | Number of part in volume |
|---|---|---|---|---|
| parallelepiped Vol (mm) | 500 | 44 | 2010 | 2,5 |
| Perimetrical gap | 3 | 3 | 3 | |
| Encase | 0 | 0 | 0 | |

Maximum Weight of PU: 500 kg

| Selection | | | Stock Coverage per HU | Part/PU | PU weight | Filling rate | Pattern | Exterior Lenght | Exterior Width | Exterior Height | Interior Lenght | Interior Width | Interior Height |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Reusable | FLC 121060 | | 0 | | | | 1200 | 1000 | 600 | 1110 | 910 | 413 |
| | Reusable | Gitter Box | | 0 | | | | 1200 | 800 | 1000 | 1170 | 770 | 800 |
| x | Reusable | Trolley | ,1 days | 50 | 125 | 198% | Pattern A | 720 | 800 | 1800 | 700 | 780 | 2200 |
| | Disposable | GALIA C2A 1/2 | | 0 | | | | 1200 | 1000 | 600 | 1170 | 970 | 400 |
| | Disposable | GALIA C2A | | 0 | | | | 1200 | 1000 | 1000 | 1170 | 970 | 800 |

**Definición de cantidades**

## 5.2 Equipamiento de la nueva instalación

### 5.2.1 Robots

El objetivo es eliminar al operario que realizaba manualmente las operaciones presentadas y al carretillero que tenía que retirar el contenedor de la línea, y sustituirlos por un robot que realice las operaciones de traslado, manipulaciones y colocación de tubos en trolley.

Para fijar las condiciones de los tipos de robots, se establecieron los siguientes requisitos:

- Alcance: mínimo 1.5 m.
- Alcance máximo. 2.5 m.
- Peso a manipular máximo: 5 Kg.

Como la empresa disponía de un stock de robots FANUC RH, comprados de segunda mano, se intentó reutilizar alguno de los disponibles, aunque dichos robots pueden parecer excesivos por su mucha más alta capacidad, por lo que no se pidió precio de otro tipo de robot. Se eligieron dos Fanuc RH/S420-F.

**Nota:** se llamará Robot 1 al robot que coge el tubo de la dobladora y lo sitúa en la cortadora, Robot 2 al que coge el tubo doblado y cortado y lo posiciona para su calibrado y taladrado. Posteriormente lo coloca en un trolley.

Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza

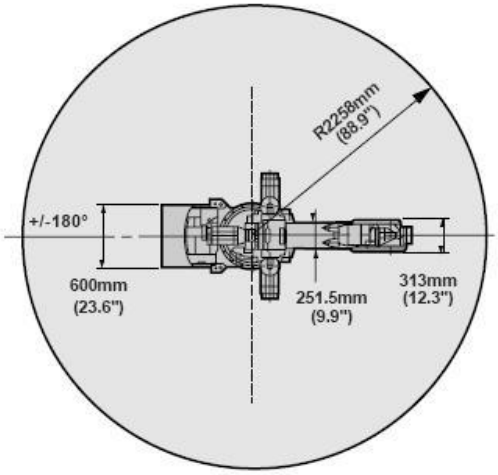
RH/S420-F:

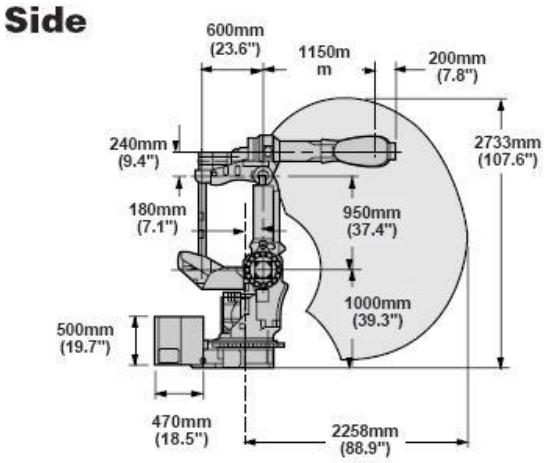
- Dispone de 6 ejes de movimiento
- Diseñado para una amplia variedad de aplicaciones de soldadura por puntos y manipulación.
- Gran capacidad de manipulación de peso en la muñeca: 120 Kg
- Amplio rango de movimiento
- Cuerpo compacto
- Alcance de 2488 mm
- Controlador RJ2
- Repetividad de +/-0.5 mm

| Eje | Rango de movimiento | Velocidad de movimiento |
|---|---|---|
| J1 | ±300° | 95 °/s (1.66 rad/s) |
| J2 | ±115° | 95 °/s (1.66 rad/s) |
| J3 | ±145° | 95 °/s (1.66 rad/s) |
| J4 | ±720° | 100 °/s (1.75 rad/s) |
| J5 | ±250° | 100 °/s (1.75 rad/s) |
| J6 | ±720° | 160 °/s (2.79 rad/s) |

**Tabla 1: Ejes de Fanuc RH S420F**

**FANUC RH S420**




**Alcance FANUC RH S420**

Controlador RJ2:

- 32-bit de CPU principal y procesador matemático que permite cálculos rápidos, reduciendo la ejecución de tiempos e incrementando la precisión en la trayectoria.
- La opción de I/O distribuida reduce los costes de cableado y simplifica la resolución de problemas
- Puesta en marcha rápida y con posibilidad de reanudar la ejecución de programas

### 5.2.2 PLC de control

Dentro de todas las marcas de PLC disponibles, la empresa requiere que se utilice OMRON. Además interesan que sean modulares en vez de compactos, para tener la posibilidad de poder ampliar la instalación en caso necesario como se ha venido haciendo en los últimos años.

Elección de la CPU:

- Entradas digitales: 80
- Salidas digitales: 64
- Entradas/salidas analógicas: ninguna
- Temporizadores: ninguno
- Contadores: ninguno
- Conexión entre máquinas: device net

Por lo que se eligió un OMRON SYSMAC CJ1M CPU21, con cinco módulos de entradas ID211 y 4 módulos de salidas OD212, una unidad device net DRM21 y una pantalla táctil NS10 TV00 V2.

### 5.2.3 Máquinas

Requisitos:

Cortadora: se utilizará la misma que operaba en la instalación. Se cambiará su PLC por: un OMRON CJ1M CPU11 ETN con un módulo de entradas ID211 y ID201 (8 entradas digitales, 24 VDC, 10mA) y un módulo de salidas OC211 (16 salidas digitales, 250 VAC, 2A) ya que disponía de un PLC no modulable e incompatible con el módulo Device net.

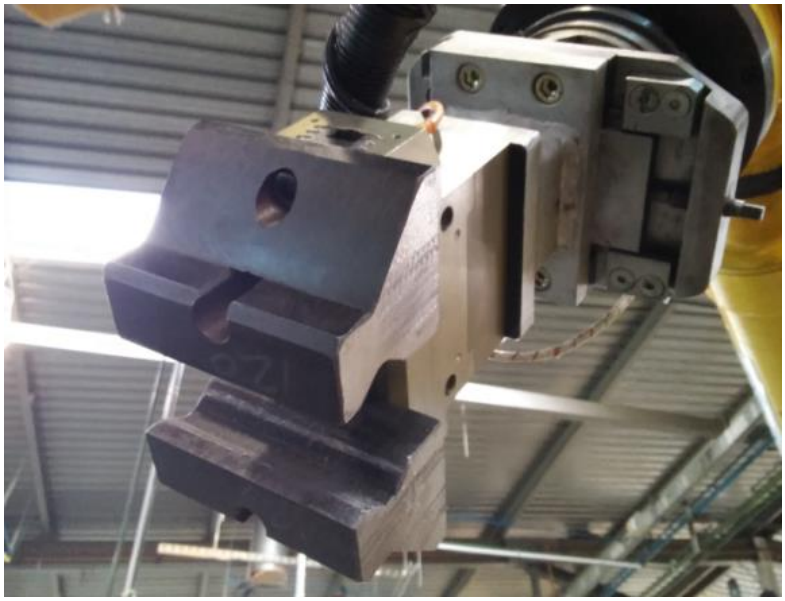
Calibradora: se utilizará la misma que operaba en la instalación. Se cambiará su PLC por: un OMRON CJ1M CPU11 ETN con dos módulos de entradas ID211 y un módulo de salidas OC211 (16 salidas digitales, 250 VAC, 2A) ya que disponía de un PLC no modulable e incompatible con el módulo Device net.

Dobladora: se utilizará la misma que operaba en la instalación. Una empresa externa se ocupará de su automatización.

Taladradora: se utilizará la misma que operaba en la instalación. Se cambiará su PLC por: un OMRON CJ1M CPU11 ETN con un módulo de entradas ID211 y ID201 (8 entradas digitales, 24 VDC, 10mA) y un módulo de salidas OC211 (16 salidas digitales, 250 VAC, 2A) ya que disponía de un PLC no modulable e incompatible con el módulo Device net.

### 5.2.4 Utillajes

**GARRAS:** Para los robots se requieren dos garras iguales las cuales agarren con suficiente fuerza el tubo y no provoquen daños en su manipulación.



**Garra Robot**

**ANCLAJE DE LAS MÁQUINAS Y ROBOTS AL SUELO:** fue realizado por una empresa exterior. Se requirieron 4 soportes por máquina y una bancada para los robots.

**Bancada robots**

**MORDAZAS DE LA TDL:** No fue necesario variar el utillaje de la TDL ya que se reutilizó el mismo que había anteriormente.

### 5.2.5 PLC de seguridad

A la hora de automatizar las seguridades, en la empresa se tiende a utilizar PLC'S de seguridad.

Ventajas de éstos sobre los métodos convencionales:

- El espacio del armario eléctrico que ocupaban los relés de seguridad queda libre.
- Un grado de fiabilidad más alto basado en la tecnología de semiconductores.
- Cambios, ajustes funcionales y ampliaciones pueden realizarse con suma facilidad.
- Más facilidad en mantenimiento preventivo

El PLC de seguridad tiene una arquitectura diferente a los de propósito general y está constantemente vigilando los fallos internos y errores de cableado externos. Algunos fallos sólo nos serán informados y con respecto a otros será tomada la acción correctiva necesaria para mantener el sistema en estado seguro.

Desde un punto de vista de aplicación podríamos decir que es posible diseñar un sistema de seguridad utilizando PLCs de propósito general. Esta afirmación implica para la ingeniería lo siguiente:

- Tener que prever una cantidad extra para software.
- Mayor número de horas de ingeniería.
- Documentación extra.
- Cableado especial y rutinas software para diagnósticos.
- Mayor mantenimiento con el fin de asegurarnos del funcionamiento de los componentes.

Comparando el PLC general, con el PLC de seguridad se puede apreciar inmediatamente los beneficios de éste principalmente:

- Herramientas y librerías software certificadas para seguridad que nos aseguran el perfecto funcionamiento de las funciones.
- Menor documentación debido a la estándar procedente de estos equipos.
- Menor número de horas de ingeniería, ya que existen soluciones claras para cada tipo de configuración.
- Los diagnósticos están incorporados en los equipos, con un hardware certificado, con lo que se reduce la elaboración de los mismos.
- Debido, fundamentalmente, a la incorporación de diagnósticos se reduce el mantenimiento de equipos.

Por todo esto, la elección autómata de seguridad fue determinada por que se necesitaban:

- 60 entradas
- 42 salidas
- Comunicación por device net
- Que fuese modular

Se eligió: un módulo base PILZ (ya que la empresa cuenta con la licencia del programa) m1p con dos módulos de 8 entradas mi1p, un módulo de bus de campo mc4p y tres módulos de 4 salidas mo1p.

<u>Mi1p:</u>

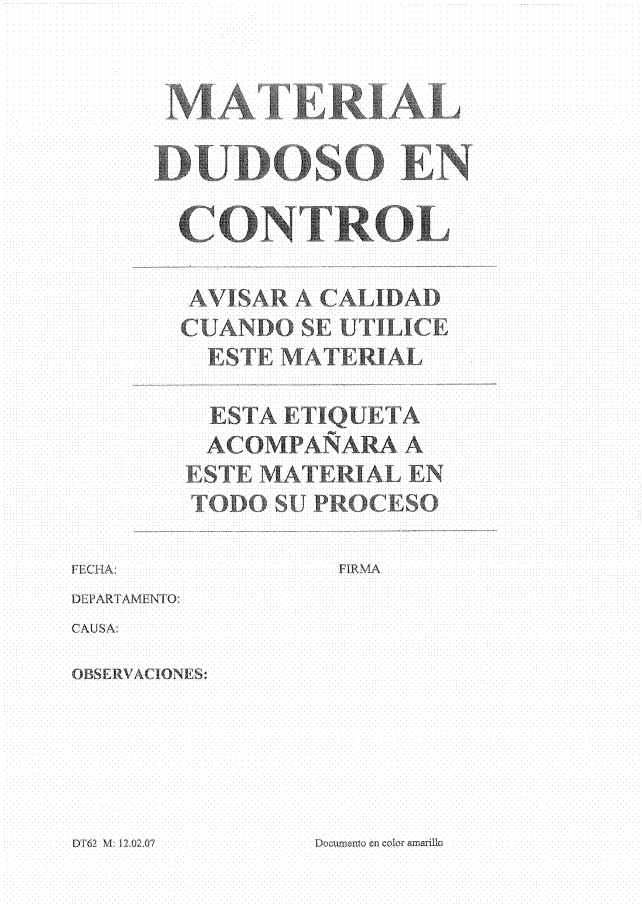
- Tensión de alimentación [V]: 24
- Tipo de tensión de alimentación: DC
- Número de entradas digitales: 20
- Número de salidas por semiconductor: 4
- Número de salidas de relé: 2
- Intensidad máx. con DC1: 6,0 A
- Intensidad máx. con AC1: 6,0 A
- Número permitido de módulos de ampliación: 8

**PILZ seguridad**

## 5.3 Control de producción

Durante la puesta en marcha se ha ido llevando un control de producción de piezas producidas, para ir controlando el stock de piezas.

Estas piezas, y hasta el momento de la entrega de la célula a producción, pasarán adicionalmente por el departamento de Control de calidad, para un segundo control para asegurar que el producto es válido para su uso. Por eso, para identificar estos contenedores, deben ir acompañados de una hoja de inspección como la siguiente:



MATERIAL DUDOSO EN CONTROL

AVISAR A CALIDAD CUANDO SE UTILICE ESTE MATERIAL

ESTA ETIQUETA ACOMPAÑARA A ESTE MATERIAL EN TODO SU PROCESO

FECHA: FIRMA

DEPARTAMENTO:

CAUSA:

OBSERVACIONES:

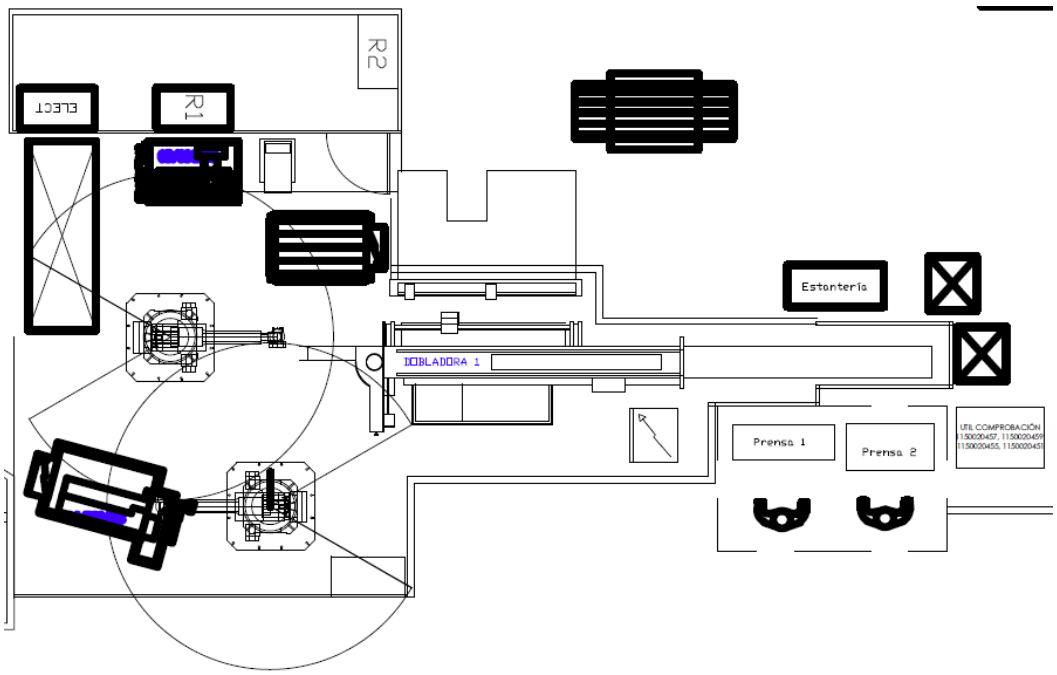
DT62 M: 12.02.07 Documento en color amarillo

**Hoja de material en pruebas**

## 5.4 Layout

El layout de esta línea fue modificado completamente en cuanto a posición de las máquinas en la fábrica.

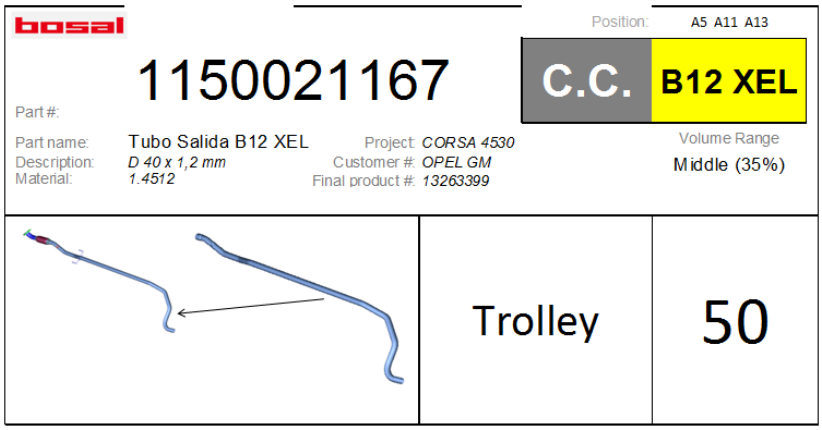
Inicialmente se pensó en colocar sólo 1 robot, pero la empresa contratada para la programación de los robots al hacer la simulación de los movimientos, comprobó que los tiempos de ciclo serían muy altos, por lo que al final se decidió poner dos robots.




**Layout actual línea curvado**

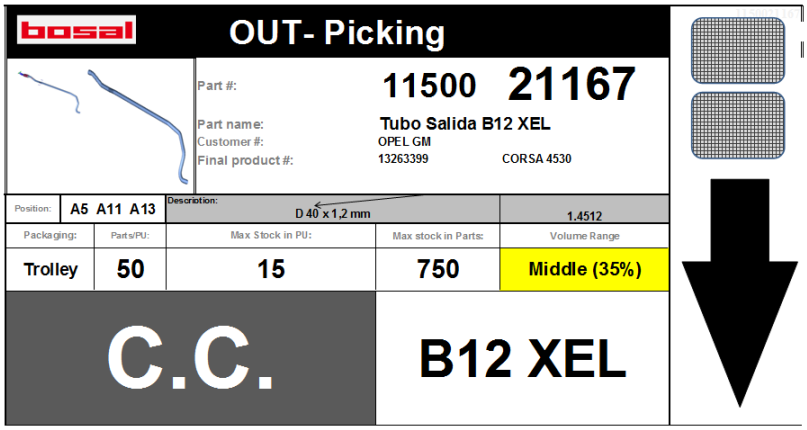
### Identificación de trolleys y ubicaciones en planta

Cada trolley lleva colocada una etiqueta identificativa que establece que ese trolley solo puede contener la referencia que aparece en la etiqueta. A su vez, en la planta se han instalado raíles metálicos para el stock de este producto.




**Etiqueta para trolley**

Cada una de las filas está dedicada a una sola referencia en las cuales se coloca una etiqueta para identificar el producto tanto en la zona de entrada ( In-Filling) como en la de salida (Out-Picking). Se utiliza una etiqueta de la marca *Orgatex* que permite mantener la etiqueta en el suelo evitando que se despegue o sea rayada.




**Etiqueta de recogida de trolley colocada en suelo**

En la segunda etiqueta se especifica la cantidad máxima que puede haber en la zona de picking, las ubicaciones disponibles para la referencia y el flujo de material que existe en comparación con el resto de referencias de la fábrica.

## 5.5 Descripción del proceso

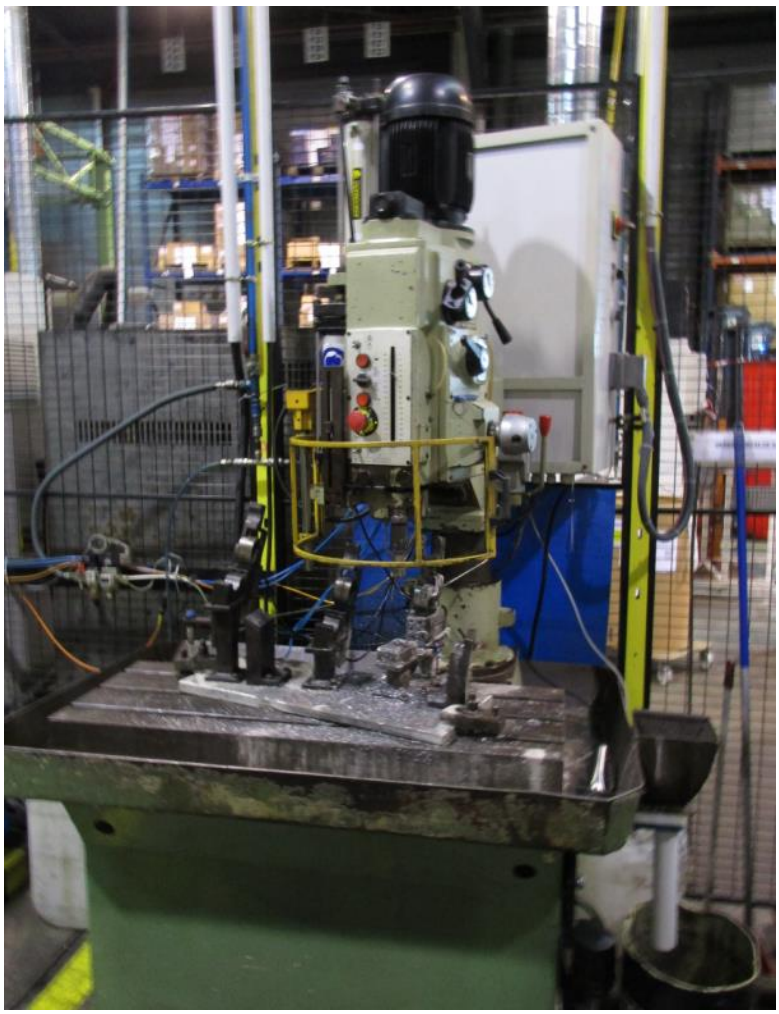
Se pone en funcionamiento la instalación, después de la carga de los tubos en la "rampa" de carga, un brazo automático alimenta a la dobladora de tubo, que realiza el doblado, mientras los robots se mueven a la posición de espera.

**Brazo cargador y rampa alimentación dobladora**

**Tubo doblado en robot**

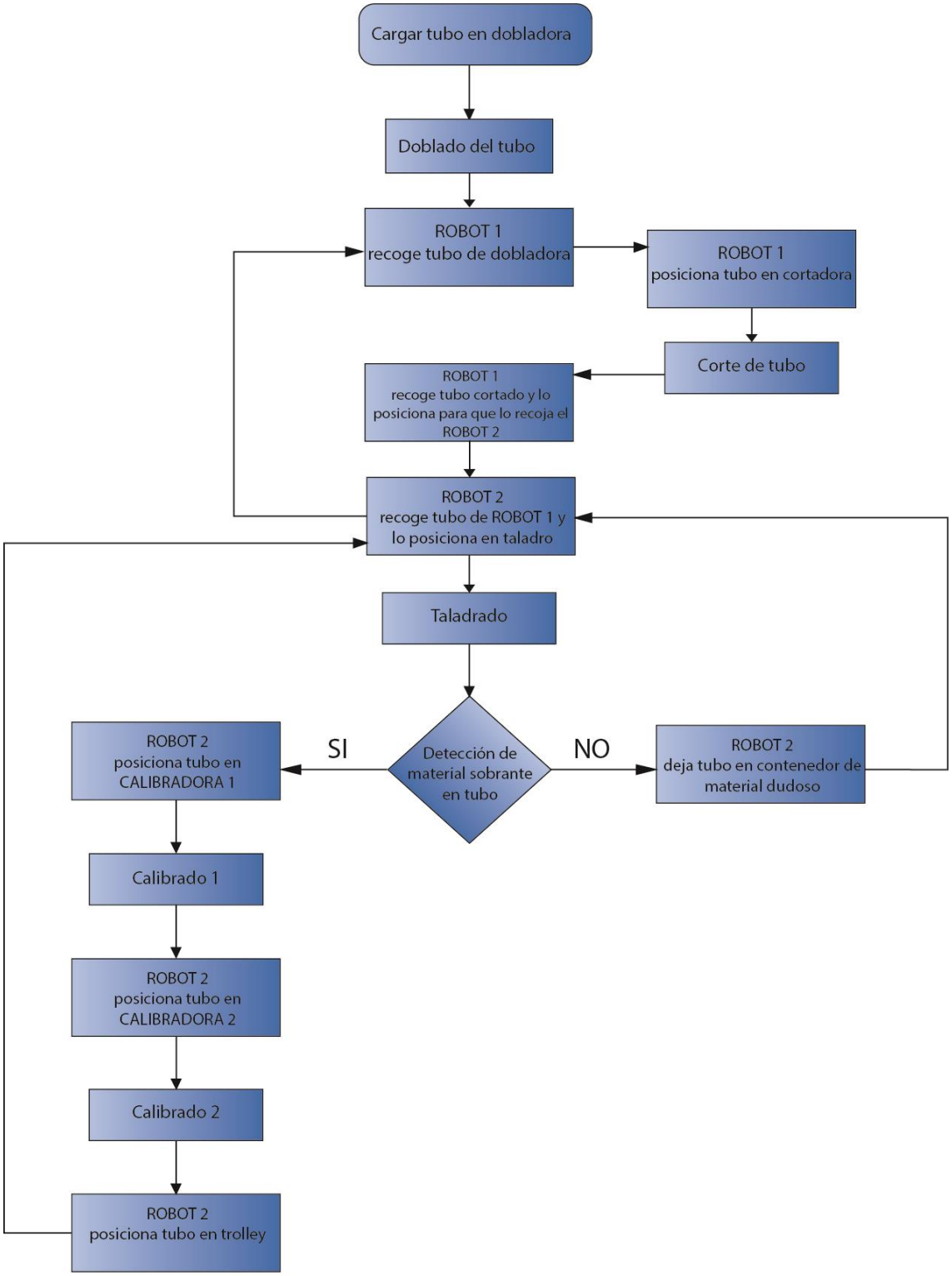
Cuando la curvadora termina de hacer el tubo, se abre la mordaza y el robot coge el tubo. Posteriormente el robot lleva el tubo hasta la cortadora. La cortadora cierra la mordaza dejando ya sujeto el tubo entrando el robot en posición y sujetando el tubo con la mordaza por la parte exterior. Después, se corta el tubo y se abre la mordaza de la máquina de corte. El material sobrante (Waste product) cae en un KLT de plástico colocado junto a la cortadora y guiado por una rampa metálica. El robot 1 posiciona el tubo ya cortado y se lo pasa al robot dos 2. Este se encarga de posicionar el tubo en la taladradora. Una vez que se ha hecho el taladrado existe un detector para evitar que la chapa sobrante del taladrado se quede en el interior del tubo. Si la chapa no es detectada el robot 2 deposita el tubo en un contenedor de rechazo. Mientras tanto el robot 1 ya ha retirado un nuevo tubo de la dobladora y lo ha preparado para que sea cortado. El robot 1 retira el tubo de la taladradora y lo introduce en la calibradora. Este proceso fue necesario hacerlo con mucho cuidado ya que si el robot introducía el tubo con mucha velocidad en la calibradora y llevaba alguna rebarba del corte podía producir colisiones. Se realizan los dos calibrados y se coloca el tubo en el trolley.

**Paso de tubo R1-R2**



**Taladro con detector de material sobrante**

Éste robot lleva la cuenta de los tubos que deposita en el trolley y una vez llegado a los 50 ciclos los 2 robots finalizan el tubo en proceso y vuelven a “home”, a la vez que se enciende la luz azul de cambio de trolley.




**Organigrama proceso**

## 5.6 Esquema eléctrico y Programación

El esquema eléctrico fue realizado en conjunto con los departamentos de ingeniería y mantenimiento.

La programación del PLC fue llevada a cabo por el departamento de mantenimiento. Se establecieron unos requisitos a la hora de programarlo:

- Señal acústica al abrir las rejas
- Control de alarmas desde la pantalla
- Señalización de estado de las máquinas (manual o automático)
- Señales visuales de emergencia, fin de ciclo y cambio de trolley
- Pantalla de operador con señales de emergencias
- Pantalla de operador con aviso de máquinas en modo automático o manual.

### PLC de seguridad

La programación del PLC de seguridad fue realizada por el departamento de mantenimiento con el software que administra el fabricante del PLC, en este caso PILZ. Este autómata controla tanto las seguridades específicas de cada máquina y robots, como las generales (vallado, seta emergencia, etc)

### Programa de la curvadora y condiciones de ajuste

En la siguiente tabla se observan los datos que envía el cliente en coordenadas cartesianas y los datos traducidos con los que trabaja la curvadora:

| COOORDENADAS DE PLANO CARTESIANAS (CLIENTE) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Curva nº** | **X** | **Y** | **Z** | **Radio Utillaje** |
| **1** | **0** | **0** | **0** | |
| **2** | **151,19** | **0** | **0** | **100** |
| **3** | **170,46** | **222,39** | **0** | **100** |
| **4** | **331,63** | **380,17** | **-0,01** | **100** |
| **5** | **522,72** | **420,5** | **-35,32** | **100** |
| **6** | **1506,39** | **507,97** | **-36,4** | **100** |
| **7** | **1632,62** | **519,19** | **8,89** | **100** |
| **8** | **1779,85** | **532,28** | **9,21** | **100** |
| **9** | **1945,13** | **592,82** | **-18,87** | **100** |
| **10** | **2086,07** | **596,95** | **-20,43** | |
| **COORDENADAS TRADUCIDAS A CURVADORA (PLANO BOSAL)** | | | | |
| **Curva nº** | **A** | **B** | **C** | **Radio Utillaje** |
| **1** | **59,48** | | **85,05** | **100** |
| **2** | **94,466** | **-180** | **40,66** | **100** |
| **3** | **158,037** | **18,604** | **33,88** | **100** |
| **4** | **157,277** | **-71,479** | **12,25** | **100** |
| **5** | **959,435** | **-33,512** | **19,73** | **100** |
| **6** | **99,968** | **179,998** | **19,54** | **100** |
| **7** | **115,138** | **58,075** | **17,57** | **100** |
| **8** | **144,981** | **-172,91** | **20,2** | **100** |
| **9** | **123,198** | | | |
| | | | | |
| **LONGITUD DESAROLLADA: 2346,340** | | | | |

**Tabla 2: Datos curvadora tubo 1150021167**

El problema de esta programación es que el doblado de los tubos varía dependiendo de la presión, desgaste del bronce, etc. También se utilizan una herramienta llamada alisa-arrugas con la que se evita que se produzcan arrugas o pellizcos en las curvas con lo cual hay que tener un control de todas esas variables

## 5.7 Tiempos

Los tiempos que se citan a continuación son los conseguidos en las máquinas después de varias actualizaciones y mejoras, medidos en fecha 10 de Septiembre de 2015.
El ciclo de pieza es de 1 minuto y 20 segundos teniendo en cuenta las operaciones que se muestran a continuación:

| **Operación** | **Tiempo** |
|---|---|
| 1- Cargar tubo | 0:00:01 |
| 2- Doblado de tubo | 0:00:25 |
| 3- Robot 1 posiciona tubo en cortadora | 0:00:02 |
| 4- Corte de tubo | 0:00:03 |
| 5- Robot 1 pasa tubo a robot 2 | 0:00:02 |
| 6- Robot 2 posiciona tubo en taladro | 0:00:04 |
| 7- Taladrado del tubo | 0:00:19 |
| 8- Posicionar tubo para evacuar restos | 0:00:05 |
| 9- Calibrado 1 | 0:00:09 |
| 10- Calibrado 2 | 0:00:07 |
| 11- Colocar tubo en trolley | 0:00:03 |
| **Total tiempo** | **0:01:20** |

**Tabla 3: Ciclo de un tubo completo**

### 5.7.1 Descripción de un turno

Vamos a hacer una descripción de cómo se comporta la línea durante un turno completo si no ocurre ningún contratiempo:

| **Acción** | **Hora** |
|---|---|
| 1- Arranque de turno | 6:00:00 |
| 2- Primer trolley completo | 7:08:40 |
| 3- Primera pausa de 15 minutos | 8:00:00 |
| 4- Segundo trolley completo | 8:14:40 |
| 5- Tercer trolley completo | 9:22:40 |
| 6- Segunda pausa de 15 minutos | 10:00:00 |
| 7- Cuarto trolley completo | 10:30:40 |
| 8- Quinto trolley completo | 11:38:40 |
| 9- Tercera pausa de 15 minutos | 12:00:00 |
| 10- Sexto trolley completo | 12:46:40 |
| 11- Septimo trolley completo | 13:56:00 |
| 12- Cambio de turno | 14:00:00 |

**Tabla 4: Descripción de turno de mañana en célula de curvado**

Esto es un turno ideal en el cuál no se tiene ningún tipo de avería y se dispone de un coordinador especializado para la línea. Se ha optimizado el ciclo en todo lo posible de acuerdo a las pausas de los operarios. La máquina debe de quedar lista y operativa para el siguiente turno.

# 6 ANÁLISIS DE VIABILIDAD

En el proceso anterior existían los siguientes datos técnicos:

- Días anuales de producción: 220.
- Trabajo en la célula con un operario, dependencia de carretillero y coordinador de línea: 1,4 operarios
- Producción: **350** piezas/ turno
- Coste de un operario por año: 27.000€.
- Rendimiento de la instalación 70% (por coeficientes de descanso de operarios y averías).
- Uso de la instalación por los cambios 80%.
- Precio turno = (122,72 €/ turno) * 1, 4 operarios =171 ,8 €/ turno
- Precio nominal = (171,8 / 350) = 0,49 €/ pieza
- Precio real = (0,49) / 80% * 70% = 0, 875 €/ pieza
- COSTE DE PRODUCCION POR PIEZA: **0,875 €**

Según el nuevo proceso, se obtendrían los siguientes valores:

- Trabajo sin operarios, únicamente carga de la instalación de doblado por un operario auxiliar. Ahorro de 1 operario por turno más tiempo del carretillero necesario en transportar el contenedor. Total ahorro: 1,2 operarios
- Días anuales de producción: 220.
- Producción neta estimada: 350 piezas/ turno
- Coste de un operario por año: 27,000 €.
- Rendimiento de la instalación 80%.
- Uso de la instalación por los cambios 100 %. ( no hay cambios de referencia)
- Precio turno = (122, 72 €/ turno . operario) * 0,2 operarios = 24,54 € / turno
- Precio nominal = (24,54 / 350) = 0,070 € / pieza
- Precio real = (0,070 € / pieza) / 70 % * 100 % = 0,100 € / pieza
- COSTE DE PRODUCCION PREVISTO POR PIEZA: **0,100 €**

**Fabricación media anual referencia 1150021167 = 100.000 piezas / año**

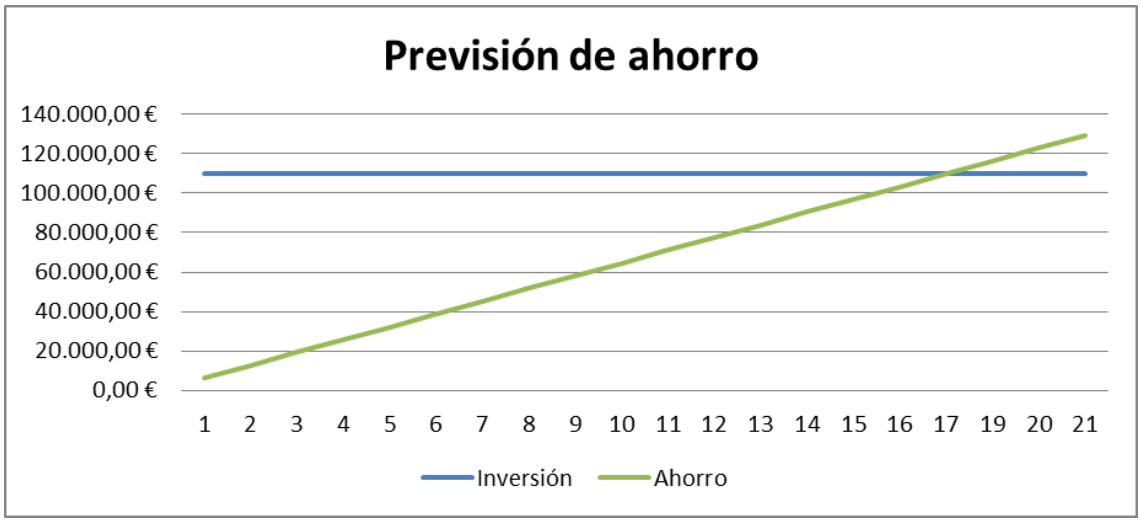
**Coste de la instalación: 110.000 € (Se incluye precio de robots)**

**Coste fabricar 100.000 tubos sin robot = 87.500 €/ año = 7291,66 €/ mes**

**Coste fabricar 100.000 tubos con robot = 10.010 €/ año = 834,16 €/ mes**

**Ahorro mensual con robot = 7291,66 – 834,66 = 6457 €/ mes**

**Pay – back = Inversión / Ahorro mensual = 110.000 / 6457 = <u>17,03 meses</u>**




**Previsión de ahorro**

Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza

# 7 ESTUDIO DE REPETIBILIDAD (R&R)

La finalidad de los Sistemas de Medida es establecer los procedimientos para valorar la calidad de los sistemas de medición. Los datos de medición, o estadísticas calculadas a partir de ellos, se comparan con los límites de control estadístico del proceso, y si la comparación indica que el proceso está fuera de control estadístico, se realiza un ajuste de algún tipo. Sino, el proceso continúa sin ajuste. Otro uso de los datos de medición es determinar si existe una relación significativa entre dos o más variables.

Uno de los motivos más importantes por los que se ha optado por automatizar el proceso ha sido el de obtener tubos con una elevada calidad. Para ello se ha hecho un estudio de 50 tubos con tres operarios distintos que se encargaran de decir si el tubo es válido o no, teniendo en cuenta una serie de atributos fijados por un útil de control, validado por calidad, y unas pautas visuales. Cada tubo será inspeccionado por un miembro del departamento de calidad que será el que determinará el criterio final y por lo tanto el que decida si el tubo es bueno o no. Cada uno de estos tubos será inspeccionado tres veces por cada operario con un orden alterno.

Con los datos recogidos por el departamento de calidad se ha llegado a la conclusión de que los tubos salen con menos defectos y son más parecidos unos a otros. Esto se traduce en que alguno de los operarios ha tenido un criterio distinto al establecido por el departamento de calidad. Lo que se tiene y se debe evitar a toda costa es que un tubo que el departamento de calidad a calificado como “malo” sea dado por bueno por alguno de los operarios que realizan el control R&R. Si lo que ocurre es que en algunos de los tubos que calidad ha dado por buenos algún operario lo rechaza porque tiene alguna duda esto se penalizaría en el campo de la eficacia. Como se observa en las tablas 4 y 5 en el año 2012 había más discrepancia entre calidad y operarios que en el año 2015.

En cuanto a las “falsas alarmas” es una manera de proteger al cliente y nos viene a decir que un tubo bueno ha sido rechazado por parte del operario.

Estudio del año 2012:

| RATIOS | % Eficacia | % Fallos | % Falsas Alarmas |
|---|---|---|---|
| A | 96% | 0% | 1% |
| B | 96% | 0% | 1% |
| C | 94% | 0% | 2% |

| INDICE KAPPA | A-REF | B-REF | C-REF |
|---|---|---|---|
| | 0,89 | 0,89 | 0,85 |
| Indices Kappa > 0,8 | | | |
| Resutado Indices: | OK | | |
| Resultado Ratios: | OK | OK | OK |

**Tabla 5. Resultados R&R año 2012**

Estudio del año 2015:

| RATIOS | % Eficacia | % Fallos | % Falsas Alarmas |
|---|---|---|---|
| A | 100% | 0% | 1% |
| B | 98% | 0% | 2% |
| C | 98% | 0% | 2% |

| INDICE KAPPA | A-REF | B-REF | C-REF |
|---|---|---|---|
| | 0,85 | 0,79 | 0,79 |
| Indices Kappa > 0,8 | | | |
| Resutado Indices: | OK | | |
| Resultado Ratios: | OK | OK | OK |

**Tabla 6: Resultados R&R año 2015**

# 8 PLAN DE MEJORAS SOBRE LA CONFIGURACIÓN INICIAL

## 8.1 Mejora de tiempos

Después de tener la instalación en marcha, se intenta mejorar la instalación de modo que se la pueda sacar el mejor beneficio posible, con la menor inversión necesaria. La instalación está actualmente realizando cada tubo en 1 min y 20 segundos.

De todas las operaciones, se ha estudiado que el cuello de botella está en el primero de los calibrados. El proceso que se seguirá será el de reprogramar el robot dándole más puntos de referencia para que lleve una trayectoria más lineal.

## 8.2 Control de calidad

A la hora de seguir el procedimiento de calidad se ha establecido lo siguiente teniendo en cuenta los ritmos de trabajo y la capacidad del trolley de albergar 50 piezas:

- Ausencia de rebarbas en el corte→ Visual
- Coordenadas de doblado en Addata → 1 pieza por trolley
- Dimensiones de corte → 1ª pieza
- Comprobar posición y diámetro de taladro → 1ª pieza
- Comprobar calibrado interior y exterior → 1ª pieza
- Posición nodos → 2 piezas por trolley
- Comprobar ausencia de disco sobrante en interior de tubo → 100% de piezas del contenedor de rechazo
- Ausencia de rajas en soldadura y marcas en doblado → 1 pieza por trolley
- Ausencia de rajas en soldadura en zona de calibrado → 1 pieza por trolley
- Dimensiones generales en UTIL DE CONTROL → 1 pieza por trolley

No es necesario parar la máquina para hacer los controles de calidad ya que cuando estamos comprobando todos los atributos que se indican el robot ya ha sido puesto en marcha y está trabajando en el llenado del siguiente trolley.

**Útil de comprobación del tubo 1150021167**

## 8.3 Mejoras en la cortadora

Se ha comprobado que de vez en cuando se queda viruta en la mordaza de la cortadora, dejando una marca en el tubo. Se ha puesto un soplador, de modo que cada vez que levanta la mordaza se sopla la viruta.

El coordinador, varias veces por turno, tiene que lubricar las cuchillas de la cortadora. El proceso en sí no requiere mucho tiempo, pero es necesario detener la instalación. Por ello se han puesto unos lubricadores accionados por aire comprimido de modo que cada ciclo de corte se vaya lubricando las dos cuchillas.

**Soplador y lubricador de la cortadora**

## 8.4 Contaje de piezas

En Bosal España Zaragoza S.A. disponemos de un programa interno con el cual se tiene una visión global de la situación actual de la planta (Fig.24) con el cuál desde oficinas el responsable de producción controla en cada momento las producciones y puede hacer previsiones de cara a futuros turnos. Por otro lado se dispone de otro programa con el cual cada responsable de línea tiene la obligación de reportar todas las referencias, incidencias, paros planificados, etc, a lo largo del turno de producción (Fig.25)

**Monitor de seguimiento BESZ**

En este monitor se puede visualizar cada una de las máquinas conectadas a los autómatas encargados del contaje de piezas. Los colores indican el estado en el que se encuentra la máquina. Cuando el rectángulo está en verde quiere decir que la máquina está trabajando dentro del ritmo establecido, naranja indica que lleva parada desde el comienzo de turno y amarillo nos dice que la máquina está trabajando pero lleva un tiempo parada por algún motivo.

Con respecto al programa de producción el coordinador de la línea tiene la posibilidad de reportar todas las referencias que va fabricando a lo largo del turno, las paradas, etc. Mediante este reporte Bosal España Zaragoza establece un OEE con el cual se tiene una visión rápida de cómo está trabajando ese máquina a lo largo de un determinado tiempo.

Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza

Todos estos datos estarán disponibles para la dobladora a lo largo del primer trimestre del 2016. Con estos datos se podrá tener un control más exhaustivo de cómo está trabajando la línea y se intentará, en la medida de lo posible, optimizar el tiempo de fabricación.

| Inicio | Fin | Referencia | | Inc... | Piezas | C.. | Dur. | O... | U... |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22:00:00 | 22:13:24 | 13263395 | 640 | 0 | 0(40) | 0 | 13 | 4 | 177 |
| 22:13:24 | 23:53:21 | 13263395 | 640 | 1 | 274(295) | 0 | 100 | 4 | 177 |
| 23:53:21 | 0:00:00 | 13263395 | 640 | 0 | 0(20) | 0 | 7 | 4 | 177 |
| 0:00:00 | 0:15:00 | 13263395 | 640 | 120 | 0(0) | 0 | 0 | 4 | 177 |
| 0:15:00 | 2:00:00 | 13263395 | 640 | 342 | 0 | 0 | 105 | 4 | 177 |
| 2:00:00 | 2:15:00 | 13263395 | 640 | 120 | 0(0) | 0 | 0 | 4 | 177 |
| 2:15:00 | 2:51:23 | 13263395 | 640 | 342 | 0 | 0 | 36 | 4 | 177 |
| 2:51:23 | 2:53:57 | 13263395 | 640 | 1 | 8(8) | 0 | 3 | 4 | 177 |
| 2:53:57 | 3:04:24 | 13263395 | 640 | 320 | 0 | 0 | 10 | 4 | 177 |
| 3:04:24 | 3:54:40 | 13263395 | 640 | 1 | 141(148) | 0 | 50 | 4 | 177 |
| 3:54:40 | 4:00:00 | 13263395 | 640 | 0 | 0(16) | 0 | 5 | 4 | 177 |
| 4:00:00 | 4:15:00 | 13263395 | 640 | 120 | 0(0) | 0 | 0 | 4 | 177 |
| 4:15:00 | 4:18:02 | 13263395 | 640 | 0 | 0(9) | 0 | 3 | 4 | 177 |
| 4:18:02 | 5:29:00 | 13263395 | 640 | 1 | 188(209) | 0 | 71 | 4 | 177 |
| 5:29:00 | 5:55:00 | 13263395 | 640 | 0 | 0(77) | 0 | 26 | 4 | 998 |

SPINNER2 | 13263395 | 4 | STOP

**Programa producción tramos.**

Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza

## 8.5 Mejoras en la seguridad y manipulación del trolley

A la hora de la descarga del trolley se pasaba de una posición inclinada a una posición vertical ya que se elevaba el trolley con un polipasto situado en la línea de curvado. Los tubos acumulados en dicho trolley se inclinaban hacia adelante quedando amontonados unos con otros en la parte delantera del trolley. En el momento de consumo en la línea de soldadura los operarios tenían problemas ya que alguno de los tubos se le caía hacia adelante. Se optó por diseñar un soporte que cruzara el trolley de un lado a otro con el fin de evitar estos problemas.

**Barra de seguridad desmontable para trolley.**

Para evitar el uso del polipasto se ha diseñado un sistema neumático con el que se consigue colocar el trolley en posición vertical. Dicho sistema ahorra tiempo al coordinador de línea a la hora de descargar el trolley.

**Sistema elevación trolley**

# 9 CONCLUSIONES

El presente proyecto engloba todo lo relacionado con la automatización de un proceso industrial. Se ha colaborado con los departamentos de calidad, logística, mantenimiento y producción. Cada uno de estos departamentos ha aportado datos, además del trabajo que ha desarrollado en la propia línea físicamente. Desde el departamento de ingeniería se ha realizado el diseño de utillajes y garras, layouts, coordinación a su vez de todos los departamentos y seguimiento de la línea una vez terminada toda la instalación para ver los puntos en los que se puede hacer alguna mejora. Para ello se han utilizado programas como Project Manager en el que se iba siguiendo la programación de los puntos definidos al principio del proyecto. Por otro lado para la creación y modificación de layouts se ha trabajado con el programa AutoCad 2010.

Las conclusiones que se han obtenido han sido las siguientes:

- Con un buen estudio de viabilidad se puede calcular si un proyecto puede ser llevado a cabo, y si es así en cuanto tiempo tendremos el pay-back.

- El uso de robots frente a operarios permite un ahorro considerable en cualquier empresa siempre y cuando los procesos que realice cualquier robot sean los óptimos.

- La Filosofía Lean en la industria del automóvil funciona siempre y cuando se tenga una buena gestión de tiempos, organización en planta y operarios concienciados de la importancia de este tipo de filosofía.

- Analizar todos los procesos por los que pasa un producto para evitar tener lo que se conoce como "*muda*".

- La seguridad en todo tipo de industria es algo fundamental y obligatorio si se quiere trabajar de forma tanto automatizada como manual.

- La importancia de realizar estudios R&R (Reproducibility & Repeatability) para que el cliente tenga una mayor seguridad en el producto que está comprando.

- En cuanto a la producción hemos optimizado los tiempos con respecto al transporte de tubos a la línea ya que no necesitamos una carretilla para llevar los tubos desde la línea de fabricación a la línea de consumo.

# 10 BIBLIOGRAFÍA

[1] Dan Jones & Jim Womback: *Seeing the Whole mapping the extended value stream*. Lean Enterprise Institute. Version 1.1, February 2003

[2] Mike Rother & John Shook*: Observar para crear valor, cartografía de la cadena de valor para agregar valor y eliminar "muda"* . Lean Enterprise Institute. Version 1.2, Junio 1999

[3] James P. Womback & Daniel T. Jones: *Lean Thinking* .Ediciones Gestión 2000.com año 2003

[4] James P. Womback & Daniel T. Jones*: Lean Solutions*. Business & Economics.

[5] *Lean Lexicon. A graphical glossary for Lean Thinkers*. Lean Enterprise Institute Third Edition, Version 3.0, September 2006

[6] Goldratt, Eliyahu M.; Jeff Cox. *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*. Great Barrington, MA.: North River Press.

[7] Mike Rohet & Rick Harris: *Creating Continuous Flow. An action guide for managers, engineers & production associates.* The Lean Enterprise Institute, Cambridge, Massachusetts, USA. Version 1.0. June 2001.

[8] Curso: *Análisis de los sistemas de medida según MSA 3ª Ed.* Técnicas de Control Metrológico, S.L. C/ Dtor. Alcay 16-18- 50006 – Zaragoza

[9] Fundación Confemetal: *Seguridad y salud en el sector del metal.* M-44690 - 2002