



# TRABAJO FINAL DE GRADO

**TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN**

**AUTOR: PERPIÑÁN CLAVERÍA, ALBERTO**

**FECHA DE PRESENTACIÓN: Febrero, 2020**

<b>APELLIDOS: PERPIÑÁN CLAVERÍA</b>	<b>NOMBRE: ALBERTO</b>
<b>TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA</b>	
<b>PLAN:</b>	
<b>DIRECTOR: JOSE ANTONIO SÁNCHEZ LÓPEZ</b>	
<b>DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA</b>	

**QUALIFICACIÓN DEL TFG**

**TRIBUNAL**

<b>PRESIDENTE</b>	<b>SECRETARIO</b>	<b>VOCAL</b>
-------------------	-------------------	--------------

**FECHA DE LECTURA:**

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals:  Sí  No

## RESUMEN

El proyecto consiste en la optimización del proceso de producción en la empresa HITECSA, localizada en Vilanova i la Geltrú y que desarrolla su actividad en la manufactura de equipos de aire acondicionado de mediano y gran tamaño. Para ello, se comenzará analizando el proceso productivo de manera general en toda la empresa y se tomarán y analizarán los tiempos de trabajo del proceso de ensamblaje para posteriormente identificar las desigualdades entre las cargas de trabajo de los operarios.

Una vez halladas estas desigualdades, se tratará de eliminarlas mediante la implementación de una nueva célula de ensamblaje de subconjuntos y mediante la subcontratación de una parte del proceso productivo a una empresa externa. Por otra parte, se implementará la metodología de las 5S de manera total o parcial en distintas células de trabajo con tal de mejorar el entorno del operario, de mejorar su productividad y consecuentemente disminuir el tiempo de entrega del producto.

### Palabras clave (máximo 10):

5S	Procesos	Lean	Despilfarro
Kanban	Stock	Producción	

### ABSTRACT

The project consists in the optimization of the production process in the company HITECSA, located in Vilanova i la Geltrú and that develops its activity in the manufacture of air conditioning equipment of medium and large size. To this end, the production process will be analysed in a general way throughout the company and the working times of the assembly process will be taken and analysed in order to subsequently identify the inequalities between the workloads of the operators.

Once these inequalities have been found, an attempt will be made to eliminate them by implementing a new cell for the assembly of sub-assemblies and by subcontracting part of the production process to an external company. On the other hand, the 5S methodology will be implemented in a total or partial way in different work cells in order to improve the environment of the operator, to improve his productivity and consequently to reduce the delivery time of the product.

**Keywords (10 maximum):**

5S	Processes	Lean	Waste
Kanban	Stock	Production	

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	11
1.2. OBJETIVO GENERAL.....	11
2. ESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	11
3. LA EMPRESA.....	12
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	12
3.2. EL PRODUCTO .....	13
4. PRINCIPIOS BÁSICOS .....	14
4.1. LAS “5S”.....	14
4.2. KANBAN .....	16
4.3. QRQC: CONTROL DE CALIDAD DE RESPUESTA RÁPIDA.....	16
5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	17
5.1. CÉLULA DE CONFORMADO DE CHAPA .....	17
5.2. TÚNEL DE PINTURA .....	19
5.3. CÉLULA DE PREPARACIÓN DE TUBOS.....	20
5.4. CÉLULA DE ENSAMBLAJE .....	21
5.4.1. MONTAJE.....	21
5.4.2. SOLDADURA .....	23
5.4.3. CABLEADO .....	24
5.4.4. VERIFICADO.....	24
5.5. CÉLULA DE EMBALAJE .....	24
6. PUNTOS CRÍTICOS Y PROPUESTAS DE MEJORA.....	26
6.1. CÉLULA DE ENSAMBLAJE .....	26
6.2. CÉLULA DE EMBALAJE.....	26
6.3. CÉLULA DE PREPARACIÓN DE TUBOS.....	27
7. ACTUACIONES GENERALES .....	27
7.1. ESTANDARIZACIÓN DE LOS TIEMPOS DE TRABAJO .....	27
7.1.1. ELECCIÓN DE LAS MÁQUINAS A ESTUDIAR.....	28
7.1.2. FORMATO Y FACTOR DE FATIGA .....	29
7.1.3. DESIGUALDAD DE CARGA DE TRABAJO Y CUELLOS DE BOTELLA. ...	31
7.2. PROYECTO DE UNA NUEVA CÉLULA DE ENSAMBLAJE DE SUBCONJUNTOS.....	32
7.2.1. PRESENTACIÓN Y ETAPAS DEL PROYECTO.....	32
7.2.2. DEFINICIÓN Y MONTAJE DE LA CÉLULA.....	35

7.2.3. DOCUMENTACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN .....	38
7.3. SUBCONTRATAR EL CORTE DE AISLANTE PARA INTERCAMBIADORES Y COMPRESORES .....	39
7.3.1. PRESENTACIÓN Y ETAPAS DEL PROYECTO .....	40
7.3.2. ELECCIÓN DEL MATERIAL .....	42
7.3.3. PLANTILLADO DE LOS AISLANTES .....	42
7.3.4. IMPLANTACIÓN INFORMÁTICA .....	45
7.3.5. DISEÑO DE LA ESTANTERÍA: CÁLCULO DE STOCKS .....	46
7.4. CAMBIO DE UBICACIÓN DEL ENSAMBLAJE DE LOS FILTROS .....	49
7.4.1. CONCEPTO .....	49
7.4.2. NUEVA UBICACIÓN Y MONTAJE DE LA CÉLULA .....	49
7.4.3. CONSIGNAS DE SEGURIDAD .....	52
7.4.4. DOCUMENTO DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO .....	53
7.5. SUBSTITUCIÓN DE LA CORTADORA DE AISLANTE DE CHAPA .....	54
8. ACTUACIONES ESPECÍFICAS .....	55
8.1. CÉLULA DE ENSAMBLAJE .....	55
8.1.1. 5S .....	56
8.1.2. ESTANDARIZACIÓN DEL AISLANTE DE LAS BATERÍAS CURVAS .....	68
8.2. CÉLULA DE PREPARACIÓN DE TUBOS .....	69
8.2.1. 5S .....	69
8.2.2. ETIQUETADO DE TUBOS .....	70
8.2.3. INDICADORES .....	71
8.2.4. NUEVOS DESEMBOLADORES DE TUBOS .....	74
8.3. CÉLULA DE CONFORMADO DE CHAPA .....	75
8.3.1. TÚNEL DE PINTURA .....	75
8.5. EMBALAJE .....	76
8.5.1 QRQC .....	76
8.5.1. ESTANDARIZACIÓN DEL USO DE GRAPAS .....	77
8.5.2. INSTRUCCIÓN DE TRABAJO: EMBALAJE DE LOS RECAMBIOS DE BATERÍAS .....	78
8.6. OFICINA .....	79
8.6.1. 5S .....	79
9. PRESUPUESTOS Y AMORTIZACIONES .....	80
9.1. CÉLULA DE ENSAMBLAJE DE SUBCONJUNTOS Y SUBCONTRATACIÓN DEL CORTE DE AISLANTE .....	80
9.1.1. PRESUPUESTO .....	80
9.1.2. AMORTIZACIÓN .....	81
9.2. CAMBIO DE UBICACIÓN DEL ENSAMBLAJE DE LOS FILTROS .....	82

9.2.1. PRESUPUESTO.....	82
9.2.2. AMORTIZACIÓN .....	82
9.3. SUBSTITUCIÓN DE LA CORTADORA DE AISLANTE DE CHAPA .....	83
9.3.1. PRESUPUESTO.....	83
9.3.2. AMORTIZACIÓN .....	84
9.4. COSTE DE LAS ACTUACIONES ESPECÍFICAS .....	84
10. CONCLUSIONES .....	85
11. AGRADECIMIENTOS.....	87
12. BIBLIOGRAFIA.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de Vilafranca .....	12
Figura 2. Planta de Vilanova .....	12
Figura 3. Resumen de los productos de Hitecsa.....	13
Figura 4. Máquina de disposición vertical aire-aire.....	14
Figura 5. Máquina de disposición horizontal inverter (de alta eficiencia) .....	14
Figura 6. Esquema de la metodología 5S.....	16
Figura 7. Diagrama del sistema productivo .....	17
Figura 8. Cortadora y perforadora de chapa.....	18
Figura 9. Dobladora de chapa.....	18
Figura 10. Zona de entrada y salida de piezas.....	19
Figura 11. Cabina de aplicación de pintura.....	19
Figura 12. Horno de polimerizado.....	19
Figura 13. Dobladora manual eléctrica.....	20
Figura 14. Dobladora automática Macri .....	21
Figura 15. Montaje del chasis de la máquina en el pallet.....	21
Figura 16. Montaje de una turbina en el marco de una máquina.....	22
Figura 17. Aislante del compresor ya recortado.....	23
Figura 18. Máquina en proceso de ensamblaje.....	23
Figura 19. Célula de ensamblaje.....	25
Figura 20. Máquinas embaladas .....	25
Figura 21. Ejemplo de una hoja de análisis de tiempos estándar para una máquina ACHIBA HE 17 .....	29
Figura 22. Ejemplo de hoja de combinación de una máquina ACHIBA HE 17 .....	30
Figura 23. Tiempos del proceso de ensamblaje de una máquina de la familia WPHBA.....	31
Figura 24. Tiempos de proceso de ensamblaje de una máquina de la familia ACHIBA.....	31
Figura 25. Presentación del proyecto de la nueva célula de ensamblaje de subconjuntos.....	33
Figura 26. Diagrama de Gantt del proyecto de la nueva célula de ensamblaje de subconjuntos .....	34
Figura 27. Reubicación de una máquina en desuso.....	35
Figura 28. Montaje de la mesa de la nueva célula .....	36
Figura 29. Etiquetado de bags .....	36
Figura 30. Layout de la nueva célula de subconjuntos.....	37
Figura 31. Explosionado de una araña de la máquina WPHBA 1001 y su montaje en el intercambiador de placas.....	38
Figura 32. Antiguas plantillas de los intercambiadores.....	39
Figura 33. Intercambiador de placas forrado.....	39
Figura 34. Presentación del proyecto de la subcontratación de aislantes .....	40
Figura 35. Diagrama de Gantt del proyecto de la subcontratación de aislantes..	41
Figura 36. Vista frontal de un intercambiador de placas .....	42
Figura 37. Vista frontal de un compresor.....	42
Figura 38. Diseño de las plantillas para el aislante de las caras planas de un intercambiador de placas.....	43

<b>Figura 39. Diseño de las plantillas para el aislante del contorno de un intercambiador de placas.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 40. Plantillas de las caras planas de los intercambiadores.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 41. Plantillas del contorno de los intercambiadores.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 42. Fluctuación óptima del nivel de stocks.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 43. Estantería Kanban de aislantes de intercambiadores de placas.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 44. Antigua entalladora eléctrica.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 45. Nueva entalladora manual.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 46. Layout del nuevo puesto de ensamblaje de filtros.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 47. Consignas de seguridad del puesto de ensamblaje de filtros.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 48. Instrucción de trabajo del ensamblaje de filtros.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 49. Antigua sierra vertical para el corte de fibra para chapa.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 50. Nueva cortadora láser de aislante de chapa.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 51. Nuevo desenrollador de aislante para chapa.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 52. Mesa de trabajo antes de la aplicación de la metodología "5S".....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 53. Tarjeta roja informativa.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 54. Ejemplo de uso de una targeta roja.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 55. Estándar 5S de la mesa del montador.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 56. Estándar 5S de la mesa del soldador.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 57. Estándar 5S de la estantería del montador.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 58. Estándar 5S de la estantería del frigorista.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 59. Estándar 5S de la estantería del cableador.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 60. Esquema del puesto del montador.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 61. Esquema del puesto del soldador.....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 62. Esquema del puesto de trabajo del cableador.....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 63. Esquema del puesto de trabajo del verificador.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 64. Auditoría de cumplimiento de las "5S".....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 65. Bag con aislantes recortados de curvas de baterías.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 66. Clasificación de barras de tubo por secciones.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 67. Clasificación de los útiles de doblado de tubos.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 68. Nueva impresora de etiquetas para los tubos Sister Soft.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 69. Tubos etiquetados.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 70. Tablero de información de la célula de tubos.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 71. Ejemplo de la productividad semanal en la célula de tubos.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 72. Indicador de la eficiencia diaria.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 73. Indicador de la productividad semanal.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 74. Indicador/explicación del proceso de corrección de la documentación obsoleta.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 75. Indicador del proceso de corrección de la documentación obsoleta.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 76. Antiguos desenrolladores de tubos.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 77. Diseño de los nuevos desenrolladores.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 78. Instrucción de control del engrasado de la cadena de pintura.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 79. Queja de cliente en referencia al embalaje de una batería (QRQC).....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 80. Estandarización del uso de grapas.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 81. Estandarización del embalaje de una batería.....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 82. Estándar 5S del contenido de la mesa de oficina.....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 83. Diagrama inversión-coste de los proyectos de la célula de subconjuntos y de la subcontratación de aislantes.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 84. Diagrama inversión-coste de la sustitución de la cortadora de aislante de chapa.....</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Ranking de familias de máquinas más vendidas en 2018. ....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 2. Equivalencia de máquina - código de aislante .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 3. Ventas mensuales de máquinas con intercambiador durante 2018 .....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 4. Cálculo del stock de seguridad y máximo, del punto de pedido y del lote de fabricación de la estantería de aislantes de intercambiadores. ....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 5. Formateo del comprobante de limpieza 5S.....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 6. Presupuesto de la célula de ensamblaje subconjuntos .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 7. Presupuesto inicial de la subcontratación de aislantes .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 8, Diferencias entre los precios de recorte de aislante dentro y fuera de la empresa.....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 9. Ahorro anual por la célula de subconjuntos y subcontratación de aislantes .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 10. Resumen del presupuesto y amortización de la célula de subconjuntos y de la subcontratación de aislantes.....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 11. Presupuesto del cambio de ubicación del ensamblaje de los filtros....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 12. Tiempos y ahorro del ensamblaje de los filtros .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 13. Ahorro anual y amortización del cambio de ubicación del ensamblaje de filtros .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 14. Diagrama inversión-coste del cambio de ubicación del ensamblaje de los filtros .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 15. presupuesto de la sustitución de la cortadora de aislante de chapa .</b>	<b>83</b>

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Este proyecto de fin de carrera, que corresponde a la culminación del Grado en Ingeniería Mecánica, se ha llevado a cabo en la empresa de climatización industrial Hitecsa, localizada en Vilanova i la Geltrú. En este documento se tratará de estudiar la optimización general de la planta, reflejando el trabajo realizado durante mi estancia en la empresa de un año.

La empresa, que conocía la cantidad de material y tiempo desperdiciado, me encargó la tarea de optimizar el proceso productivo con el fin de reducir los despilfarros y aumentar los beneficios.

Este estudio surge también del conocimiento de la discrepancia entre tiempos de trabajo en el proceso de producción. De ahí que en este documento se estudian y se trata de igualarlos.

Cabe decir que desde el primer momento la empresa me ha dado su aprobación y me ha guiado en mi trabajo facilitándome la documentación necesaria para llevarlo a cabo.

## **1.2. OBJETIVO GENERAL**

El objetivo de este proyecto es estudiar y valorar la implantación de distintas herramientas que permiten, directa o indirectamente, maximizar los beneficios de la empresa. Para ello, se hará un estudio previo de los tiempos de proceso de ensamblaje con la intención de estandarizar dichos procesos y observar las desigualdades entre los tiempos de trabajo de los operarios.

Una vez se analicen estos tiempos, se tratarán de corregir mediante algunas medidas como, por ejemplo, la implementación de una nueva célula de trabajo, la cual permitiría especializar a los operarios y por lo tanto aumentar su productividad. Además, subcontratar a otra empresa algunas operaciones del proceso productivo también servirá de herramienta para eliminar estas desigualdades en la carga de trabajo.

Por otro lado y enfocándose en las células de ensamblaje de la máquina, se tratará aplicar el método de las 5S con tal de mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo.

## **2. ESTRUCTURA DEL PROYECTO**

Comenzando con una breve introducción acerca de la empresa y de algunas herramientas que se han llevado a cabo durante la realización de este trabajo, se examinarán los puntos débiles del proceso de producción de manera general y específica. Después de ello, se analizarán dichos fallos y se plantearán varios proyectos que pretenderán solventar dichos problemas de manera general mediante la implementación de algunas metodologías de trabajo como el 5S además de la estandarización y documentación del trabajo.

## 3. LA EMPRESA

### 3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

HITECSA es una empresa dedicada a la fabricación de equipo de climatización de mediana y gran potencia. La empresa, fundada en 1982, es un referente internacional en términos de flexibilidad y puntualidad productiva busca una alta eficiencia energética, un gran confort y la mejor calidad del aire.

El sistema de funcionamiento de la empresa se fundamenta en una gran adaptabilidad a las necesidades del cliente mediante las muchas variaciones y combinaciones posibles de las máquinas que permiten adaptarse a cualquier circunstancia, en plazos de entrega mínimos y en un excelente servicio post-venta.

El sistema productivo, estructurado en células independientes, permite ofrecer una cadena de montaje flexible que permite fabricar productos 100x100 a medida; en el tiempo que los clientes necesitan y servidos e instalados ahí donde se solicita.

La sede central, que se encuentra en Vilanova i la Geltrú, fue la primera en abrirse y cuenta con más de 10.000 m<sup>2</sup> para la producción de equipos roof top, equipos autónomos, enfriadoras, fancoils, etc.

Además, Hitecsa cuenta con otras dos plantas; una de ellas ubicada en Vilafranca del Penedés donde se fabrican equipos de gran tamaño y potencia (RMX) y otra ubicada en Arenys de Mar, donde se fabrican equipos de alto rendimiento así completando el enfoque global en el sector de la climatización.



Figura 1. Planta de Vilafranca



Figura 2. Planta de Vilanova

### 3.2. EL PRODUCTO

Hitecsa dispone de una amplia gama de productos destinados a la refrigeración industrial. Todos ellos se pueden clasificar en 31 familias compuesta cada una de distintas máquinas que varían en algunos parámetros formando alrededor de 250 combinaciones distintas.

Aun así, podemos clasificar las distintas familias por su método de refrigeración (aire-aire y agua-aire), por su eficiencia (on-off y inverter) y por su función (enfriadoras de agua y bombas de calor).

También se pueden clasificar los equipos de refrigeración por su lugar de instalación idóneo. P.E: Para escuelas y universidades, Hitecsa recomienda los aires acondicionados más silenciosos y compactos del mercado. De la misma manera, Hitecsa también posee equipos encarados a la climatización de hoteles, oficinas, centros comerciales y naves industriales.

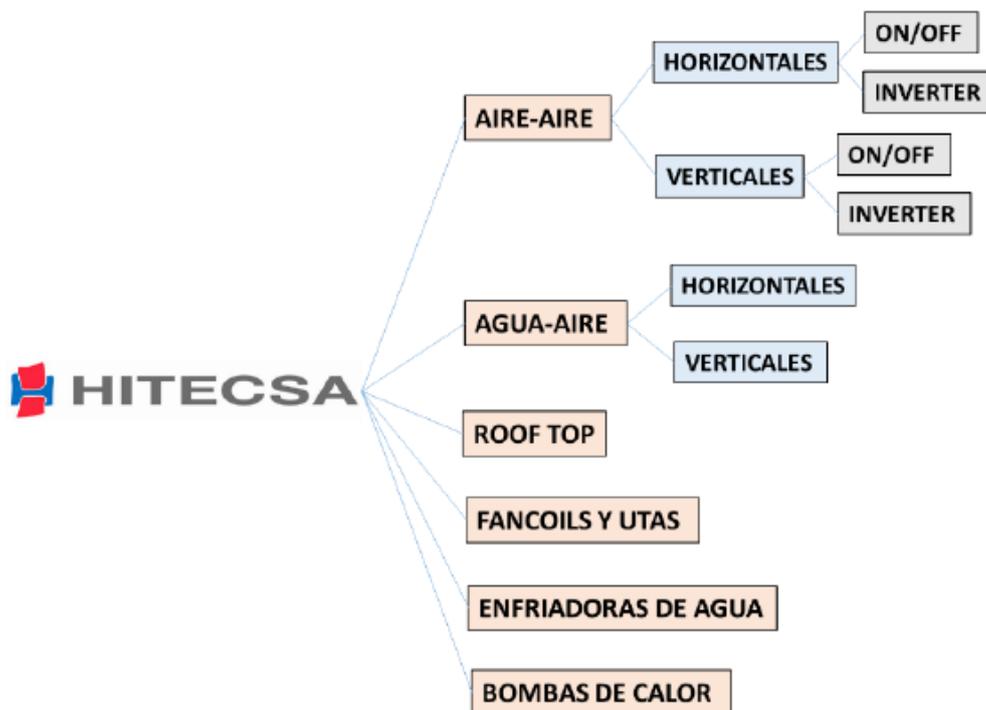


Figura 3. Resumen de los productos de Hitecsa

Cada uno de los productos que se venden, son susceptibles de ser configurados tal y como el cliente quiere Sin embargo, todos ellos comparten una serie de componentes básicos, que son:

- **El chasis y la carcasa:** Fabricadas en chapa de acero galvanizado y pintadas con pintura polimerizada RAL9010.
- **Circuito frigorífico:** Fabricado en tubo de cobre o en acero galvanizado.
- **Componentes:** Compresores, turbinas, motores eléctricos, etc. Se compran directamente a proveedores externos, se almacenan y se ensamblan en la máquina pertinente.



Figura 4. Máquina de disposición vertical aire-aire



Figura 5. Máquina de disposición horizontal inverter (de alta eficiencia)

## 4. PRINCIPIOS BÁSICOS

### 4.1. LAS “5S”

Las 5S es una herramienta que permite optimizar el estado del entorno de trabajo con tal de facilitar el trabajo a los operarios. Esta mejora se traduce en una mejora de la productividad y de la calidad del producto.

El término 5S hace referencia a cinco palabras en japonés clave que definen las etapas que se deben cumplir para su implantación:

- **La 1ª S – Clasificar (Seiri):** Trata de estandarizar el inventario necesario de cada puesto. Para ello, se debe identificar tan solo aquello indispensable para la realización del proceso; sean herramientas, equipos, útiles o información.

Para clasificar cada elemento, podemos utilizar como herramienta una hoja de verificación en la cual podemos plantearnos la naturaleza de cada elemento y si este es necesario o no.

Cuando aplicamos esta primera fase de la metodología, buscamos obtener los siguientes beneficios:

- Eliminar el tiempo innecesario para llevar a cabo el inventario.
- Eliminar despilfarros en material.
- Obtener un espacio adicional.
- Eliminar el exceso de elementos obsoletos.
- Disminuir los movimientos innecesarios que el operario lleva a cabo.

- **La 2ª S – Organizar (Seiton):** En esta etapa, se ordena todo aquello indispensable con tal de maximizar su usabilidad. Es decir: Se eliminan los tiempos improductivos mediante la estandarización y el marcaje de los útiles, componentes o materiales indispensables para el trabajo del operario. Todo esto se conseguirá teniendo en cuenta los siguientes aspectos:
  - Se debe disponer de un sitio adecuado para cada elemento que se ha considerado como necesario en la anterior “S”.
  - Los elementos que se emplean con poca frecuencia deben estar debidamente identificados.
  - Cualquier persona ajena al puesto de trabajo debe de ser capaz de comprender la disposición de todos los elementos indispensables para el trabajo mediante la identificación visual.
  - Identificar el grado de utilidad de cada elemento, para realizar una disposición que disminuya los movimientos innecesarios.

Mediante el orden, reduciremos el tiempo de búsqueda de útiles y las interrupciones en el proceso productivo a la vez que ocuparemos menos espacio y reduciremos los posibles peligros del puesto de trabajo.

- **La 3ª S – Limpiar (Seiso):** Consiste en eliminar la suciedad del puesto de trabajo y estandarizar el mantenimiento del puesto de trabajo limpio. Un entorno de trabajo limpio, simplifica las operaciones y maximiza la productividad además de motivar al personal y prevenir accidentes. Con esta finalidad, deberemos conseguir que el operario asuma la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo y rutinario.

Se pueden utilizar herramientas como tarjetas para identificar las posibles fuentes de seguridad y hojas de verificación de inspección y limpieza.

- **La 4ª S – Estandarizar (Seiketsu):** El proceso de estandarizar trata de implicar al personal en la correcta aplicación de las tres anteriores S con tal de mantener el grado de organización, orden y limpieza alcanzado con las tres primeras fases. Para ello, el operario deberá tener la formación adecuada para poder identificar cuando estas no se cumplen utilizando algunas herramientas como tableros de estándares, instrucciones y procedimientos de trabajo.
- **La 5ª S – Mejora continua (Shitsuke):** Consiste en la implementación de la mejora continua. La meta consiste en que el operario crezca a nivel de autodisciplina y que la mejora con las 4S ya alcanzada se convierta en una rutina. Para ello, se debe promover la filosofía de que todo puede hacerse mejor, de que se puede aprender haciendo y de enseñar con el ejemplo.

En definitiva, se deberá comprobar que se ha creado el hábito de la organización, el orden y la limpieza a través de la formación continua y la ejecución disciplinada de las normas y para ello, podremos emplear como herramienta una hora de verificación de las 5S.



Figura 6. Esquema de la metodología 5S

## 4.2. KANBAN

El término Kanban forma parte de las llamadas metodologías ágiles, cuyo objetivo es gestionar de manera general cómo se van completando las tareas. De hecho, el método Kanban trata de controlar la producción mediante señales. Estas señales, que pueden mostrar información desde la demanda del cliente hasta las materias primas, tienen la función de controlar lo que se produce, en qué cantidad y cuándo. Cuando el operario ve esa señal, sabe que es la hora de producir las piezas que le están demandando.

Este método, además de asegurar la calidad del producto final, reduce los despilfarros y desperdicios dado que se basa en producir solamente lo demandado. Por otra parte, es importante señalar que el método Kanban no es simplemente un método de gestión, sino también un sistema de mejora en el desarrollo de proyectos flexible a cambios o imprevistos.

## 4.3. QRQC: CONTROL DE CALIDAD DE RESPUESTA RÁPIDA

El Control de calidad de respuesta rápida (QRQC) es un sencillo método de mejora continua para el control de calidad usado para resolver incidencias con agilidad.

A diario se realizan reuniones donde el jefe del departamento de calidad indica a responsables de otros departamentos las quejas que ha habido por parte del cliente. Una vez se han expuesto las quejas, se reparten entre los departamentos que deberán tratar de que dicho fallo no se repita.

Una vez se ha aplicado la acción correctiva, se deberá esperar un tiempo prudencial para comprobar su eficacia.

## 5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Podemos dividir el proceso productivo en dos grandes grupos: El taller de chapa/ pintura y la nave de ensamblaje. Dentro de estos; encontramos varios subgrupos.

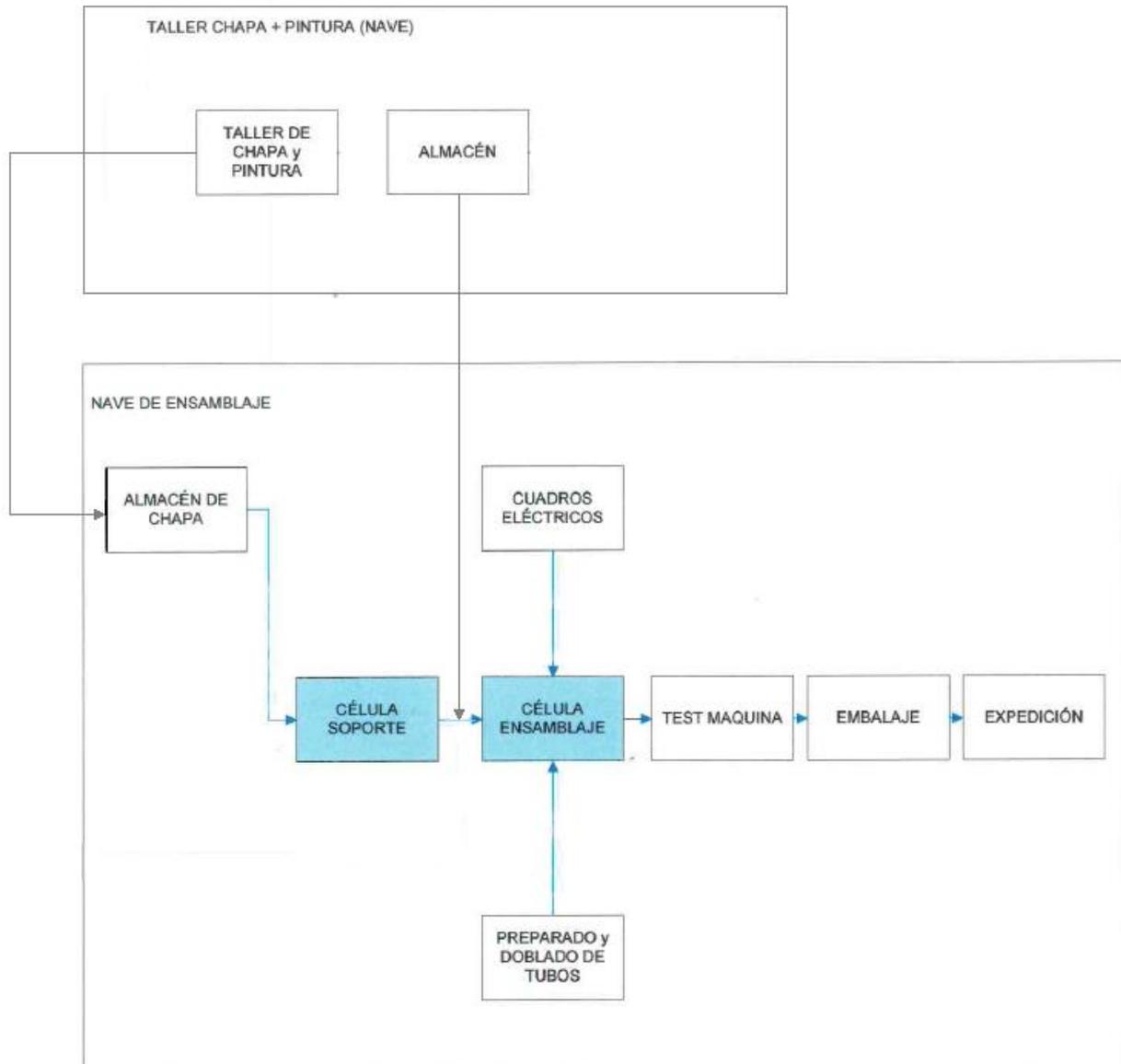


Figura 7. Diagrama del sistema productivo

### 5.1. CÉLULA DE CONFORMADO DE CHAPA

La chapa de distintos grosores se almacena en forma de lámina en unos pallets cercanos a las máquinas de conformado de esta.

Una vez se ha alcanzado el punto de pedido de una pieza en almacén, el operario lanza una orden al ordenador localizado en chapa y el responsable inicia el conformado de varias de estas piezas.

Optimización de una planta de producción  
Alberto Perpiñán Clavería

Para empezar, se montan manualmente las planchas en la máquina de perforado y corte de chapa y se selecciona el código de pieza que se va a crear en el ordenador; dicho código abre un fichero de tipo .cad que contiene toda la información acerca de la ubicación y el tamaño de los agujeros así como la forma plana de la pieza.

Tras cortar y perforar la chapa, esta pasa a un carro y se moverá hasta la dobladora de chapa donde un operario le dará forma guiándose por un plano de la pieza. Después de todo el proceso, se depositarán las piezas en otro carro y se moverán a la cola del túnel de pintura.



**Figura 8.** Cortadora y perforadora de chapa



**Figura 9.** Dobladora de chapa.

## 5.2. TÚNEL DE PINTURA

Cuando la chapa ha sido conformada y ha tomado su forma final, esta llega en un carro al túnel de pintura donde un operario debe colgarla en la cadena de pintura con la ayuda de unos ganchos en el mismo lugar donde tendrá que descolgarla posteriormente. El ciclo cerrado que sigue la chapa en la cadena de pintura se compone de distintas operaciones con una duración total de dos horas.



Figura 10. Zona de entrada y salida de piezas.

Primeramente, las piezas de chapa pasan por el túnel de desengrase, que es la zona de la instalación en la cual se efectúa el pretratamiento de las piezas mediante aspersión a presión de agua con solución. Con ello, se consigue limpiar la superficie de la pieza, dar protección y asegurar el anclaje necesario para la posterior aplicación electrostática de pintura. El proceso continúa con una 2ª etapa de aspersión con agua de red y una 3ª de agua desmineralizada en un circuito cerrado.

En su última etapa, la pieza pasa por el horno de polimerizado donde se seca la superficie de esta mediante la polimerización de la pintura. Poco después, la pieza será descolgada por un operario y enviada a almacén; donde estará disponible para en forma de stock hasta que se lanza la orden de fabricación de la máquina a la que pertenece y esta sea utilizada.



Figura 12. Horno de polimerizado.



Figura 11. Cabina de aplicación de pintura.

### 5.3. CÉLULA DE PREPARACIÓN DE TUBOS

La célula de preparación de tubos se encarga de preparar el circuito frigorífico, que está formado por tubos de cobre o acero galvanizado, de distinto tamaño, forma y sección en función del tipo de máquina a la que pertenezcan. La materia prima viene en forma de bobina para las secciones más pequeñas que 7/8" y en forma de barras de 5 metros para las secciones de tubo más grandes o igual a 7/8".

Unos días antes del inicio del ensamblaje de una máquina, se comienzan a fabricar los tubos desde que una orden informática le llega al operario de la célula, que deberá fabricar tanto los tubos para la planta de Vilanova como para la de Vilafranca

Podemos diferenciar dos tipos de doblado de tubos: En el caso de las secciones inferiores a 7/8", el operario desenrollará de la bobina el tubo pertinente y cortará la longitud que le indicarán los planos. Seguidamente se procederá a rectificar la curvatura del tubo manualmente y con la ayuda de una maza para después comenzar el doblado con una curvadora manual. Las cotas necesarias para el doblado manual vienen correctamente definidas en unos planos.



Figura 13. Dobladora manual eléctrica

Por otro lado, en las secciones iguales o superiores a 7/8", el operario tan solo deberá cortar el tramo recto de tubo indicado en el plano, lubricarlo e introducirlo en la dobladora automática Macri. Una vez hecho esto, el operario tecleará el código del tubo que desea doblar en el ordenador de la dobladora y esta procederá a su doblado automáticamente.



Figura 14. Dobladora automática Macri

## 5.4. CÉLULA DE ENSAMBLAJE

La célula de ensamblaje se comprende de cuatro distintas operaciones con este orden: Montaje, soldadura, cableado y verificado. Los dos primeros suelen llevarse a cabo a la vez mientras que el cableado y el verificado se llevan a cabo independientemente.

Según el tipo de máquina que se fabrique, el tiempo de cada operación es diferente.

### 5.4.1. MONTAJE

El montaje de una máquina comienza con un pallet montado sobre una mesa de trabajo. En este pallet, cuyas medidas varían según el tipo de máquina, el montador fija los largueros y travesaños del chasis de la máquina para comenzar a trabajar sobre ella.



Figura 15. Montaje del chasis de la máquina en el pallet.

Sobre esta base se remacha la base de la máquina a la que posteriormente se fijarán las cantoneras, los puntales y los paneles donde irá fijado el ventilador o ventiladores según el tipo de máquina.

El montaje se lleva a cabo a la vez que la soldadura dado que algunas partes del proceso de montaje no se pueden llevar a cabo si, por ejemplo, no se ha soldado una reducción al intercambiador de placas y viceversa.



**Figura 16.** Montaje de una turbina en el marco de una máquina

El montador cuenta con una mesa de trabajo donde se ubica un taladro, un soplador y una remachadora neumática. Además, cuenta con una mesa a parte y compartida con otro montador en la que se encuentran las herramientas necesarias para cortar el aislante del intercambiador de placas o compresor si es necesario (No en todas las máquinas se forra el compresor o llevan intercambiador de placas).

Después de cortarlo, el montador debe fijar el aislante con pegamento o bridas dependiendo de si es el intercambiador o el compresor respectivamente.

Por otro lado, el montador es el encargado de ensamblar el filtro; para ello, debe cortar una manta de filtro con las medidas de un marco específico para cada máquina y ensamblarlo a este mediante unas varillas de acero.



Figura 17. Aislante del compresor ya recortado.

## 5.4.2. SOLDADURA

El soldador o frigorista se encarga de ensamblar los distintos elementos del conjunto frigorífico. Normalmente, la unión de estos elementos se realiza con tubos de cobre y se lleva a cabo mediante soldadura. Sin embargo, hay algunas máquinas cuyos elementos van unidos también por tubo de acero galvanizado mediante rosca. Todos los tubos se deberán fijar perfectamente al cuadro y formarán parte del denominado circuito frigorífico.

Además, el frigorista perforará los tubos de cobre para soldar en ellos varios obuses cuya función será introducir el gas refrigerante dentro del circuito frigorífico. Después, el frigorista realizará la prueba de estanqueidad; una prueba que consiste en medir la variación de presión en el circuito frigorífico para detectar fugas.



Figura 18. Máquina en proceso de ensamblaje.

La mesa del frigorista está compuesta por un soldador de nitrógeno, una cubeta de agua, un torno de banco y distintas herramientas para el corte de tubo y doblado. Al lado de la mesa se ubica una estantería kanban, donde se ubican algunos elementos que forman parte del circuito frigorífico como válvulas antirretorno o válvulas de expansión.

### **5.4.3. CABLEADO**

El cableador tiene la función de instalar el software y hardware que comprenden la parte electrónica del aire acondicionado. Partiendo de un cuadro eléctrico con una placa base ya integrada, se unen a estas las partes necesarias del aire acondicionado; compresores, turbinas y válvulas de expansión electrónicas.

El cuadro de la máquina también incluye la pantalla desde la que se programan las condiciones en las que debe funcionar el aire acondicionado y la placa base es la encargada de poner en funcionamiento cada elemento necesario.

### **5.4.4. VERIFICADO**

Durante el verificado, se comprueba que no haya fugas así como el correcto funcionamiento de la máquina mediante sondas y detectores. Previamente, el verificador instalará el software en la placa base del cuadro eléctrico.

## **5.5. CÉLULA DE EMBALAJE**

En la célula de embalaje se prepara a la máquina para ser enviada a su destino y se preparan y empaquetan recambios.

Dependiendo del tipo de máquina, esta irá montada sobre un pallet o irá directa al suelo. En el primer caso, esta se embala junto al pallet. El embalador comienza colocando algunas pegatinas en la máquina con tal de indicar algunos datos de la máquina, que pueden ser desde entradas o salidas de caudal o corriente hasta algún tipo de riesgo como por ejemplo el riesgo de corte por un ventilador.

Después del etiquetado, el embalador procederá a colocar planchas de cartón en las entradas y salidas de la máquina con tal de evitar la entrada de humedad. Será entonces cuando la máquina se envuelva por completa en un film de plástico y acabe finalmente colocándose una cinta de advertencia por fragilidad.

Una vez finalizado el proceso de embalaje, el operario deberá tomar varias fotografías desde distintos ángulos con tal de verificar el estado de la máquina antes de su transporte y evitarse así posibles reclamaciones por parte del comprador.



Figura 19. Célula de ensamblaje



Figura 20. Máquinas embaladas

## **6. PUNTOS CRÍTICOS Y PROPUESTAS DE MEJORA**

### **6.1. CÉLULA DE ENSAMBLAJE**

A simple vista se puede ver como hay una abundante cantidad de basura bajo las mesas del montador y del frigorista; Restos del empaquetado de válvulas de expansión, componentes del circuito frigorífico que no están en su sitio, retales de aislante, tubo de cobre y de forro de compresor, etc.

Todos estos elementos ocasionan un ambiente nocivo para el operario cuya productividad se ve reducida notablemente por la falta de orden. Hay ocasiones en las que, por ejemplo, el frigorista necesita un plano de una parte del circuito frigorífico de una máquina y no lo encuentra porque no sabe dónde lo ha dejado.

Podemos ver a simple vista y los propios operarios comentan que la carga de trabajo no es la misma para todos los operarios de la célula de ensamblaje. En máquinas de disposición horizontal, el montador trabaja a un ritmo normal mientras que el frigorista tiene que darse prisa para finalizar a la vez la máquina y que esta pueda pasar al cableador. Por otro lado, en máquina de disposición vertical, ocurre lo contrario.

Esta falta de igualdad entre los tiempos de trabajo se traduce en una disminución de la productividad del operario y en un aumento del Lead Time (tiempo de entrega).

Si nos fijamos en la mesa donde el montador corta el aislante del compresor e intercambiador, observamos que cada montador tiene sus plantillas para cada modelo y que éstas están hechas con cartón y sin identificar el modelo de máquina al que pertenece. La falta de unas plantillas decentes ocasiona tiempo perdido, errores en el corte y un peor acabado final.

Podemos encontrar gran cantidad de fallos en la manera de trabajar ocasionados por el rápido crecimiento de la empresa; además, las nuevas normativas a nivel europeo han ocasionado una renovación del catálogo de productos y por tanto nuevos componentes que los operarios desconocían hasta hace poco.

Hasta hace relativamente poco, oficina técnica apenas facilitaba planos decentes a los operarios, lo que ha ocasionado que cada operario tenga sus propios apuntes acerca de su trabajo y por tanto cada máquina tiene un acabado distinto; tanto en la longitud de las tuberías como en la localización de los obuses o en la utilización de distintos métodos de fijación como, por ejemplo, atornillar o remachar dos piezas de chapa.

### **6.2. CÉLULA DE EMBALAJE**

En la célula de embalaje encontramos una estandarización del método de trabajo mejor documentada que en la célula de ensamblaje. Sin embargo, es en la fabricación de pallets donde ocurre un mayor número de fallos.

Ha habido casos en los que se han pinchado baterías por utilizar una grapa incorrecta en el embalaje de estas. De igual manera, algunas máquinas sobresalen del pallet cuando llevan una variación (un extra que no lleva la máquina de serie y que ha pedido el cliente), como por ejemplo, cuando llevan una válvula flair.

### **6.3. CÉLULA DE PREPARACIÓN DE TUBOS**

Algo similar al puesto a la célula de ensamblaje ocurre en la célula de preparación de tubos: La falta de unos planos actualizados ha ocasionado que muchos de los planos de las máquinas antiguas estén hechos a lápiz por el propio operario de la célula. Sin embargo, el problema viene cuando los demás operarios de esta célula, no tan experimentados en el trabajo, no comprenden los planos y en ocasiones los tubos se hacen mal.

Esta falta de documentación decente de algunos tubos ocasiona, comúnmente, retrasos muy grandes sobretodo cuando los tubos se envían a la planta de Vilafranca. Cuando ocurre esto, se tiene que volver a fabricar el tubo correctamente y volver a enviar a la planta, lo que ocasiona un paro en la producción.

La dobladora automática ha solucionado parte de este problema sin embargo los tubos que no se pueden hacer en esta siguen viniendo mal.

De igual manera, todos estos planos hechos a lápiz ocasionan que se corte más tubo del que se necesita. Esto se debe a que el tramo recto que el operario de la célula de tubos corta está mal calculado y por tanto las cotas finales no son las teóricas. Pero el problema va más allá, y es que los planos de tubos de los frigoristas no son los mismos que los de la célula de preparación de tubos lo que ocasiona que algunos tubos se tengan que rehacer o que el frigorista recorte los extremos de los tubos generando finalmente grandes pérdidas.

Por otro lado y por el mismo motivo, la célula de preparación de tubos está llena de máquinas y materiales en desuso, además de grandes cantidades de retales de tubos que se han fabricado mal o tienen algún desperfecto esperando a ser aprovechados.

Nos encontramos, también, una falta de indicaciones acerca de donde está cada cosa como, por ejemplo, los útiles de las matrices para la dobladora automática y qué sección de tubo contiene cada caja de materia prima.

## **7. ACTUACIONES GENERALES**

### **7.1. ESTANDARIZACIÓN DE LOS TIEMPOS DE TRABAJO**

Estudiar las diferencias entre los tiempos de trabajo de los operarios, algo que no se ha hecho hasta el momento, servirá para igualarlos; lo que se traducirá en una minimización del tiempo de entrega o Lead Time.

Por otro lado, estandarizar un tiempo de trabajo para un tipo de máquina en concreto servirá de base al planificador de la producción.

Sin embargo, es imposible estudiar todos los tipos de máquina y, por ello, hay que centrarse en las más importantes.

### 7.1.1. ELECCIÓN DE LAS MÁQUINAS A ESTUDIAR

Hitecsa fabrica distintos tipos de máquina, los cuales se podrían diferenciar por:

- Ser compactas o partidas
- Ser de frío o de frío/calor.
- Sistema de refrigeración de agua/aire o de aire/aire.
- De ventilador axial o radial.
- De alta eficiencia (Inverter) o normal.

Es importante destacar que todas estas características se combinan en función de los requerimientos del cliente; que se pueden clasificar en:

- Metros cuadrados y disposición del lugar a climatizar.
- De alta eficiencia (Inverter) o normal.
- Presupuesto.

Nº	FAMILIA	Unidades vendidas en 2018
1	WPHBA	596
2	CCHBA	386
3	ECHBA	344
4	ECVBA	261
5	ACHBA	238

**Tabla 1.** Ranking de familias de máquinas más vendidas en 2018.

En la tabla podemos ver las cinco familias de máquinas que más se han vendido en el pasado año. Teniendo en cuenta este ranking, las previsiones de venta y las peticiones del equipo de dirección, se van a analizar en profundidad cada una de las operaciones que comprenden el ensamblaje de las siguientes máquinas:

WPHBA: Unidades autónomas de tipo horizontal equipadas con condensador de placas refrigerado por agua. Se estudiarán tanto los modelos con ventilador radial como axial.

CCHIBA, ECHIBA, ACHIBA: Equipos autónomos compactos y partidos horizontales inverter con ventiladores tipo plug fan en condensación y evaporación. Se estudiarán tanto los modelos con ventilador radial como axial.

Cabe destacar que las familias ACHBA, CCHBA Y ECHBA no se estudiarán dado que durante el transcurso de 2020 van a ser substituidas por sus sucesoras en su versión Inverter de alta eficiencia; que son, respectivamente: las familias de máquinas ACHIBA, CCHIBA y ECHIBA. Estas familias ya están en el mercado y la directiva estima que será el producto estrella de la marca durante los próximos años.

## 7.1.2. FORMATO Y FACTOR DE FATIGA

Una vez decididas las familias de máquinas que analizaremos, se han grabado cada uno de los procesos de ensamblaje, que son: Montaje, soldadura, cableado y verificado. Después de ser grabados, se han analizado y estandarizado el tiempo necesario para llevar a cabo cada operación, suprimiendo el tiempo desperdiciado en, por ejemplo, hacer viajes innecesarios.

Para ello, se definió una hoja de análisis que serviría como guía aplicando un factor de fatiga 12% [1] y obteniendo el tiempo en diezmilésimas de hora (la unidad estándar en la toma de tiempos). Una vez hecha esta, se procederá a agrupar operaciones en una tabla de combinación estándar donde se podrá observar en un diagrama el tiempo total de la suma de operaciones, aquellas acciones que ocupen más tiempo y si la suma de todas estas es inferior al takt time, que es el tiempo entre el inicio de la producción de una unidad y el inicio de la producción de la siguiente. En una hoja de combinación, se podrían observar las tareas agrupadas y si estas cumplen con un takt time definido.

HITECSA AIRE ACONDICIONADO		<b>HOJA DE ANALISIS</b>				CÉLULA: A			
		DE CRONOMETRAJE				SECTOR: VILANOVA .....			
PIEZA	ACHIBA HE-17	Ref:508908							
OPERACIÓN	SOLDADURA								
CONDICIONES DE TRABAJO- Material:.....					CONDICIONES DE SEGURIDAD				
Máquina: ACHIBA HE-17					Guantes, botas y gafas de seguridad				
Equipo .....									
Nº	FASES REGULARES	FRECUENCIAS	Tob (mm:ss)	A	TC	CR	T. Concedido		TOTAL (DMH)
							TI	TE (ss)	
1	Buscar tubos 382287 y 382286	1	00:15	100	00:15	1,1		17	46
2	Medir y cortar 382286	1	00:40	100	00:40	1,1		44	123
3	Medir y cortar 382287	1	00:35	100	00:35	1,1		39	107
4	Buscar Válvula antirretorno (051120) y "T" (055440) en la estantería	1	00:30	100	00:30	1,1		33	92
5	Montar 382287 y 382286 en T	1	00:40	100	00:40	1,1		44	123
95	Abrir obuses y "T"		00:45	100	00:45	1,1		49	137
96	Poner capilares		04:15	100	04:15	1,1		281	779
97	Abrir obuses y "T"		00:55	100	00:55	1,1		61	168
98	Conectar el cable de carga		00:20	100	00:20	1,1		22	61
99	Echar un último vistazo a la máquina		00:30	100	00:30	1,1		33	91
100	Realizar la prueba de estanqueidad		05:44	100	05:44	1,1		378	1051
101	Firmar papeles		02:00	100	02:00	1,1		132	366
<b>TOTAL DMH</b>									<b>17434</b>
<b>TOTAL MIN.</b>									<b>104</b>
OPERARIO: Francisco Carrasquilla					FECHA: 09/05/2019			Hoja n°.:1	
CRONM.:Alberto Perpiñán					VISADO:.....			Nº de hojas:1	

Figura 21. Ejemplo de una hoja de análisis de tiempos estándar para una máquina ACHIBA HE 17

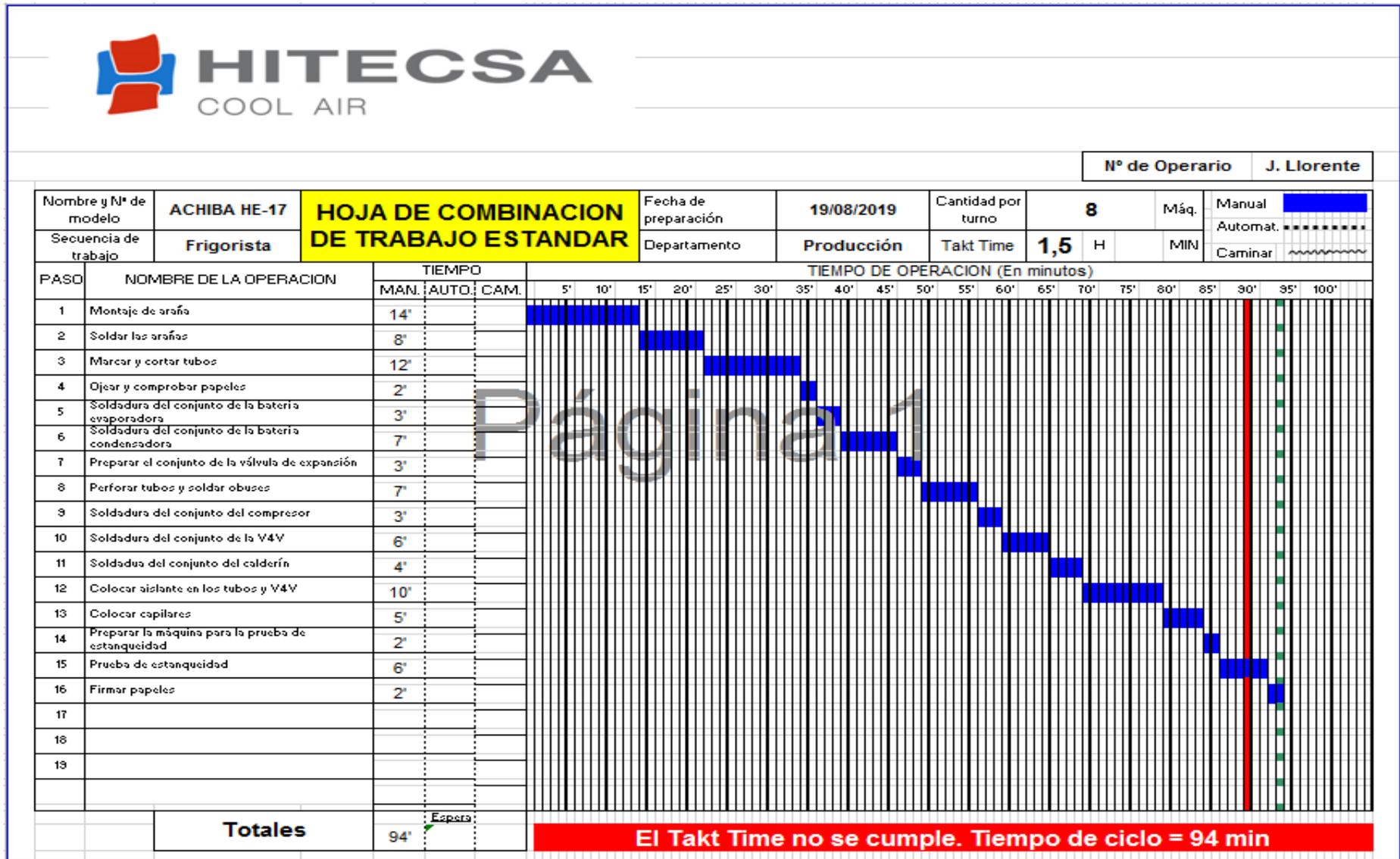


Figura 22. Ejemplo de hoja de combinación de una máquina ACHIBA HE 17

### 7.1.3. DESIGUALDAD DE CARGA DE TRABAJO Y CUELLOS DE BOTELLA.

Una vez analizados todos los tiempos de ciclo, se han expuesto en gráficos con tal de valorar la desigualdad de la carga de trabajo.

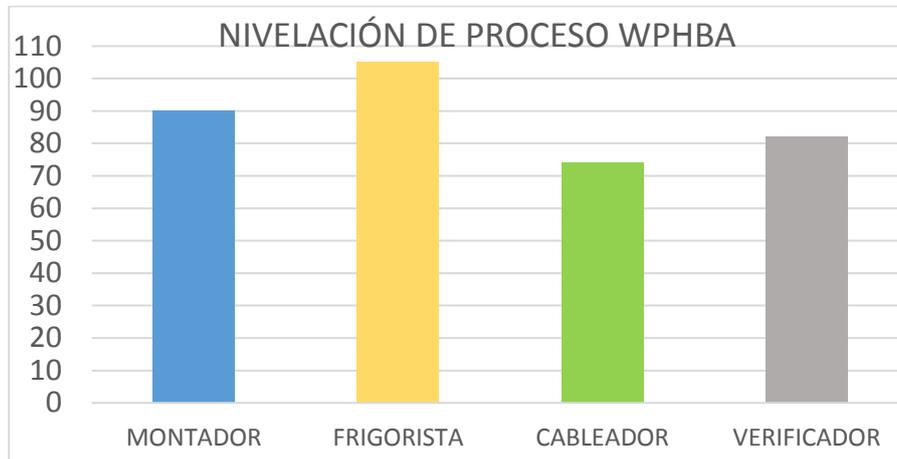


Figura 23. Tiempos del proceso de ensablaje de una máquina de la familia WPHBA

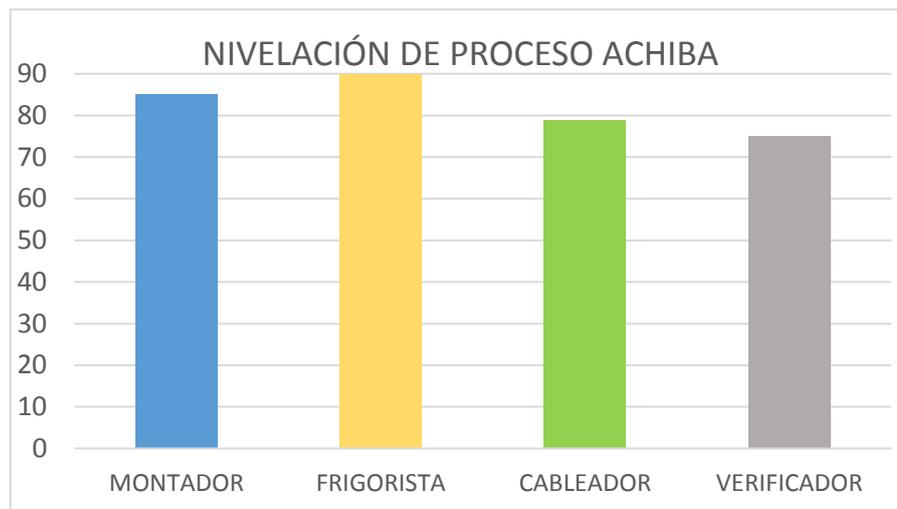


Figura 24. Tiempos de proceso de ensablaje de una máquina de la familia ACHIBA

De esta manera podemos corroborar que el soldador es el cuello de botella del proceso de ensablaje y que por tanto hay que tratar de disminuir su tiempo de trabajo con tal de disminuir el Takt time (tiempo entre el inicio y final del proceso). De igual manera, también se debe tratar de disminuir el tiempo de trabajo del montador; no solo porque sea el segundo operario del proceso con más carga sino porque trabaja a la vez que el frigorista y, si se consigue disminuir el tiempo de trabajo de este último, también se deberá hacerlo con el montador.

## **7.2. PROYECTO DE UNA NUEVA CÉLULA DE ENSAMBLAJE DE SUBCONJUNTOS.**

Como se ha podido observar en las hojas de análisis y de combinaciones, hay algunas tareas dentro del proceso de soldadura que ocupan una gran parte de este. Una de estas tareas es el ensamblaje de las coloquialmente llamadas arañas.

La “araña” es un subconjunto que se encuentra en las entradas de las baterías. Esta se compone de una válvula de expansión, un eliminador con su correspondiente restrictor y una o dos válvulas anti retorno en función de si el ciclo de refrigeración es simple o doble.

Las máquinas de la familia WPHBA tienen solo una araña mientras que las máquinas ACHIBA tienen dos. En ambos casos, su ensamblaje dura aproximadamente 30 minutos en función del modelo.

### **7.2.1. PRESENTACIÓN Y ETAPAS DEL PROYECTO**

Así mismo, se ha concluido en que las “arañas” son un subconjunto que se podría ensamblar en una célula aparte y se ha presentado una hoja de proyecto a la directiva que incluye las etapas del proyecto así como la estimación del tiempo ahorrado en tiempo y dinero.

Por otro lado, también se ha planteado la subcontratación del corte de los aislantes de los intercambiadores de placas como un proyecto independiente a este pero complementario; de manera que el operario de la nueva célula podrá forrar y soldar la araña al intercambiador una vez ensamblada y dejarla preparada para el montador.

La idea es que el responsable de almacén se encargue de suministrar el material necesario (picking) a la nueva célula y que de la misma manera lo haga con los subconjuntos finalizados. Es decir que el encargado del almacén deberá suministrar el intercambiador de placas con su araña ya soldada a este a las células de ensamblaje desde la nueva célula.

A grandes rasgos, se han establecido las siguientes etapas del proyecto:

- Definición de la célula de subconjuntos: Definir la nueva célula, definir qué subconjuntos se harán y de qué máquinas, definir el espacio de trabajo (Mesas, estanterías, herramientas...), definir la ubicación de esta, definir la ubicación de la entrada de picking (intercambiadores de placas, válvulas de expansión electrónicas y eliminadores), definir la ubicación del subconjunto finalizado y crear un Layout final.
- Montaje de la célula: Definir la materia prima que llegará por picking y la que tendrá en su propio kanban, despejar la ubicación de la nueva célula. preparar y colocar mesas preparar y colocar estantería, colocar las herramientas necesarias, montar electricidad en el nuevo puesto, etiquetado kanban en estantería y bags y colocar la bombona y soplete en la mesa.

Optimización de una planta de producción  
Alberto Perpiñán Clavería

- Documentación y estandarización: Planos del subconjunto de ""arañas"" para las máquinas ACHIBA y WPHBA.
- Implantación informática del picking. El picking es un listado de elementos que se lanza en forma de orden al almacén e indica de dónde se debe depositar.

Aunque las distintas etapas estén diferenciadas en varios bloques, muchas de ellas se han llevado a cabo al mismo tiempo. Todo ello queda reflejado en el diagrama de Gantt del proyecto donde estas etapas se han subdividido en otras.

																																			
FICHA CONTROL PROYECTO																																			
LINEA ESTRATEGICA	Mejora Margen Contribución (MOD)			PARTICIPANTES:	Alberto Perpiñán																														
PROYECTO	Célula de subconjuntos				Amando Rodríguez																														
COORDINADOR	Alberto Perpiñán				Cristóbal Martínez																														
OBJETIVO DEL PROYECTO	<p>El objetivo es disminuir el takt time y mejora de la productividad, del ensamblaje de las máquinas WPHBA y ACHIBA mediante la implementación de una nueva célula de subconjuntos. En esta nueva célula, se realizará el subconjunto de las arañas y se forrará el intercambiador de placas; buscando, de esta manera, igualar los tiempos entre las distintas fases del ensamblaje. De momento el estudio de arañas lo haremos sobre esta gama de familias WPHBA-ACHIBA y se irá ampliando la gama a otras familias. <b>Acción definida en el proyecto Lean manufacturing (realizar todos los trabajos de subconjuntos fuera de la célula en. En célula trabajo directo sobre el equipo)</b></p>																																		
ETAPAS CLAVES PROYECTO	<div style="display: flex; justify-content: flex-end; align-items: center;"> <span style="color: green; font-size: 10px;">■ Realizado</span>  <span style="color: yellow; font-size: 10px;">■ En curso</span>  <span style="color: red; font-size: 10px;">■ Atrasado</span> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ACTIVIDAD</th> <th>PLAZO INICIAL</th> <th>GRADO AVANCE</th> <th>OBSERVACIONES</th> <th>"DELIVERABLES"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Definir el espacio de trabajo.</td> <td>18/10/2019</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Definir la ubicación de la célula.</td> <td>25/10/2019</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Documentación y estandarización de los subconjuntos.</td> <td>05/11/2019</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Montaje de la célula</td> <td>13/11/2019</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Definir e implementar el nuevo picking</td> <td>20/11/2019</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					ACTIVIDAD	PLAZO INICIAL	GRADO AVANCE	OBSERVACIONES	"DELIVERABLES"	Definir el espacio de trabajo.	18/10/2019				Definir la ubicación de la célula.	25/10/2019				Documentación y estandarización de los subconjuntos.	05/11/2019				Montaje de la célula	13/11/2019				Definir e implementar el nuevo picking	20/11/2019			
ACTIVIDAD	PLAZO INICIAL	GRADO AVANCE	OBSERVACIONES	"DELIVERABLES"																															
Definir el espacio de trabajo.	18/10/2019																																		
Definir la ubicación de la célula.	25/10/2019																																		
Documentación y estandarización de los subconjuntos.	05/11/2019																																		
Montaje de la célula	13/11/2019																																		
Definir e implementar el nuevo picking	20/11/2019																																		
INDICADOR DE SEGUIMIENTO	<p style="text-align: center;">→ <b>Takt time se reduce para estas familias de estudio inicial WPHBA- ACHIBA en 30 minutos</b></p>																																		
OBJETIVO	Actual	Previsto	Observaciones : Se ha estimado un ahorro del 40% del tiempo en el ensamblaje de las arañas esto serían 12 minutos de momento los equipos estudiados y documentados son WPHBA y ACHIBA. <b>Teniendo en cuenta que el pasado año se fabricaron 1.387 máquinas de estas familias, se ha estimado un ahorro anual de 5.548 €. Sólo para estas dos familias</b>																																
REALIZADO	Tiempo de ensamblaje de arañas: 30 minutos	Tiempo de ensamblaje de arañas: 24 minutos																																	

Figura 25. Presentación del proyecto de la nueva célula de ensamblaje de subconjuntos.

Optimización de una planta de producción  
 Alberto Perpiñán Clavería

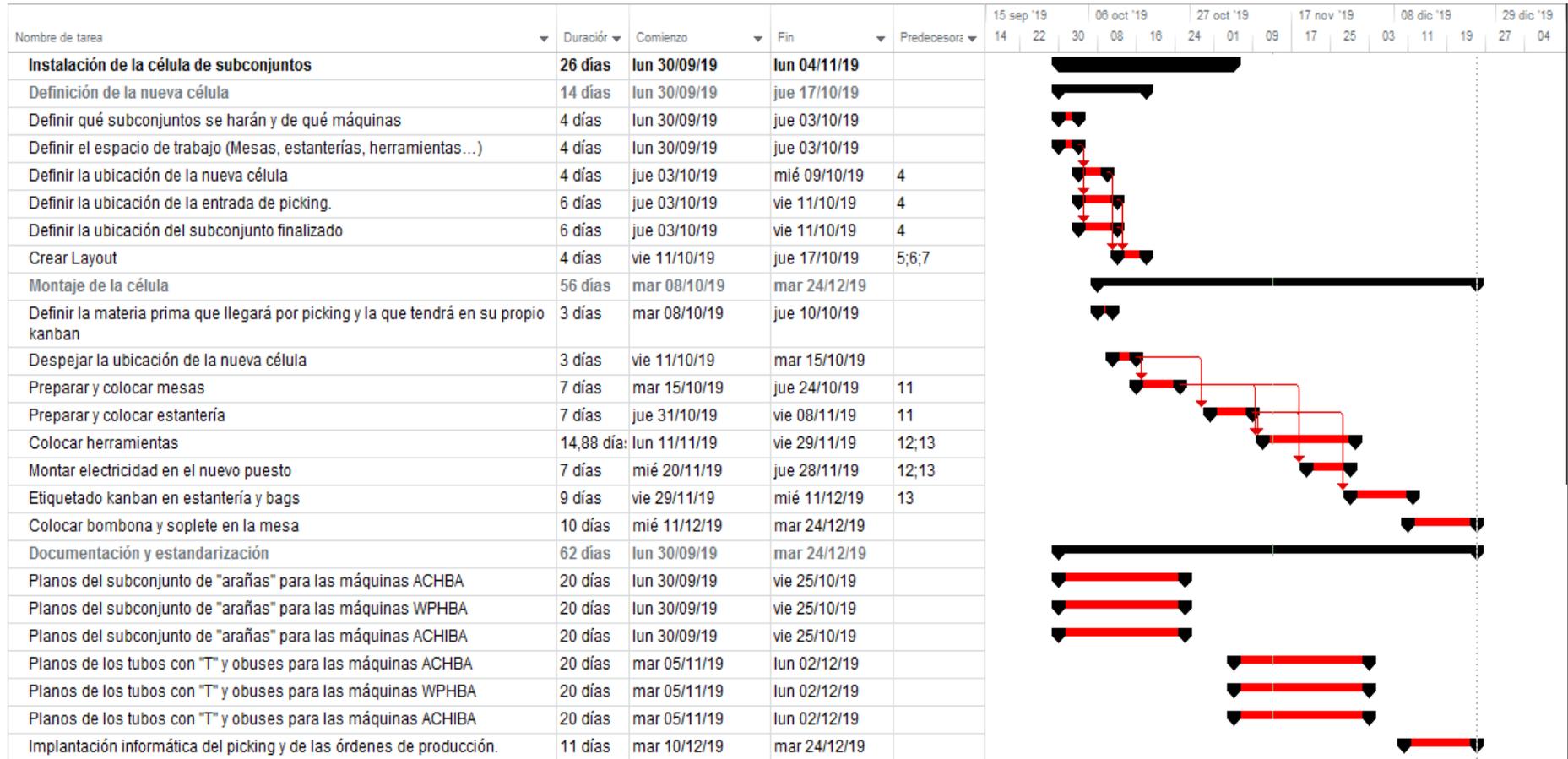


Figura 26. Diagrama de Gantt del proyecto de la nueva célula de ensamble de subconjuntos

## 7.2.2. DEFINICIÓN Y MONTAJE DE LA CÉLULA

En la nueva célula se aislarán los intercambiadores de placas de las máquinas de la familia WPHBA y se soldarán las arañas a estos. Además, también se realizarán las arañas de otras máquinas horizontales que serán las máquinas ACHIBA; tanto para los modelos que llevan ventilador radial como para los que no.

En cuanto a la ubicación de la célula, se ha decidido que se ubicará en la célula de doblado de tubos dado que el operario deberá contar con tubo de cobre y porque algunos bags serán rellenos por el operario de la célula de tubos. Además, se ha pensado de manera que la mesa se ubicará en una esquina, contando con la entrada de material por un lado y la salida del subconjunto finalizado por otro.

Para ubicar la célula nueva, se ha despejado y limpiado previamente la célula de doblado de tubos aplicando la herramienta 5S; clasificando, organizando y limpiando todo aquello ubicado en el espacio de la nueva célula. Tirando todo lo innecesario a la basura y clasificando, etiquetando y trasladando todo aquello importante. Por ejemplo, la antigua dobladora de tubos, ahora en desuso, se ha etiquetado y posteriormente trasladado al almacén de la planta de Vilafranca.



**Figura 27.** Reubicación de una máquina en desuso.

El operario contará con una mesa y una estantería acoplada a esta. En esta estantería se ubicarán bags de plástico (pequeños cajones) con la materia prima necesaria para el ensamblaje de las arañas. Se ubicarán dos bags por artículo, uno detrás de otro, de manera que cuando el primero de esos bags quede vacío, el operario deberá depositarlo en un cajón lateral mientras el otro bag del mismo artículo se deslizará para estar de nuevo disponible y a mano del operario. Además, la estantería cuenta con el etiquetado de cada artículo.



**Figura 28.** Montaje de la mesa de la nueva célula



**Figura 29.** Etiquetado de bags

El responsable de almacén será el encargado de rellenar el bag vacío y depositarlo de nuevo en su sitio pertinente. Cada bag irá etiquetado con el nombre y número del artículo, la célula donde se ubica (Célula de subconjuntos) y la cantidad de artículos con la que se debe rellenar dicho bag.

Una vez el operario de almacén ha rellenado los bags vacíos, deberá ubicarlos en la estantería de la célula. Dicha estantería cuenta con el número de bag correspondiente por la parte trasera por lo que el operario solo deberá identificar en la estantería dicho número y depositar el bag, que se deslizará hasta detrás del bag que el operario de la célula tiene a mano.

Con ello, conseguimos un ciclo cerrado que asegura la completa disposición de materia prima muy a mano sin acumular un gran stock de esta. La estantería se ha fabricado para que el operario pueda trabajar sin moverse de su lugar de trabajo y tenga a su disposición de manera muy visual la materia prima. Además, se ha fabricado pensando en que el trabajador no debe hacer malas posturas para alcanzar ningún artículo y colocando aquella materia prima que más utilizará a un mejor alcance de los brazos, donde tendrá que estirarlos aún menos.

Se contará, también, con un soldador de oxígeno, un abocardador de tubo, un torno de banco, un soplador, cuatro dobladoras de tubo manuales para distintos diámetros y cuatro cajones para dejar cuatro tubos de distinto diámetro.

### 7.2.2.1 LAYOUT

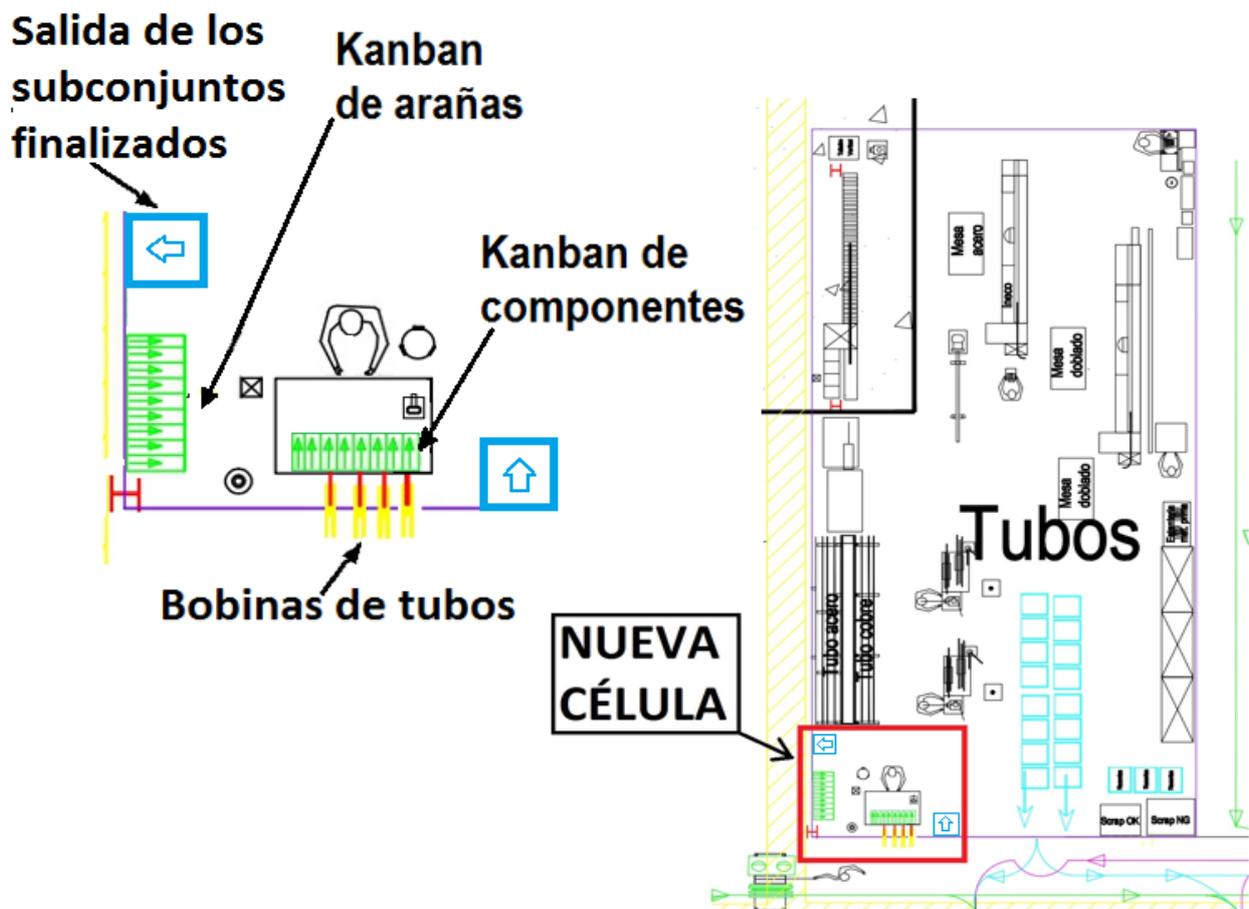


Figura 30. Layout de la nueva célula de subconjuntos

### 7.2.3. DOCUMENTACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN

Se ha tenido que diseñar cada “araña” en un programa de CAD dado que no existían apenas planos acerca de estas y los que existían estaban desactualizados.

Hasta el momento, el soldador ha trabajado con sus apuntes hechos a lápiz y por ello las “arañas” diferían entre uno y otro; motivo por el cuál la calidad de estas no era óptima. Por lo tanto, más allá de lo que aporte en la nueva célula, la estandarización de unos planos iguales para todos conlleva un sistema de trabajo unificado, flexible al cambio y más productivo.

Por este motivo, se ha hecho especial hincapié en este apartado y se ha facilitado la documentación a los operarios antes incluso de la puesta en marcha de la nueva célula.

La documentación y estandarización del explosionado de la araña con sus pertinentes códigos de artículos, la cantidad de estos y la cota del tubo de cobre así como el montaje de la araña en el intercambiador de placas, ha sido llevado a cabo meticulosamente y con urgencia.

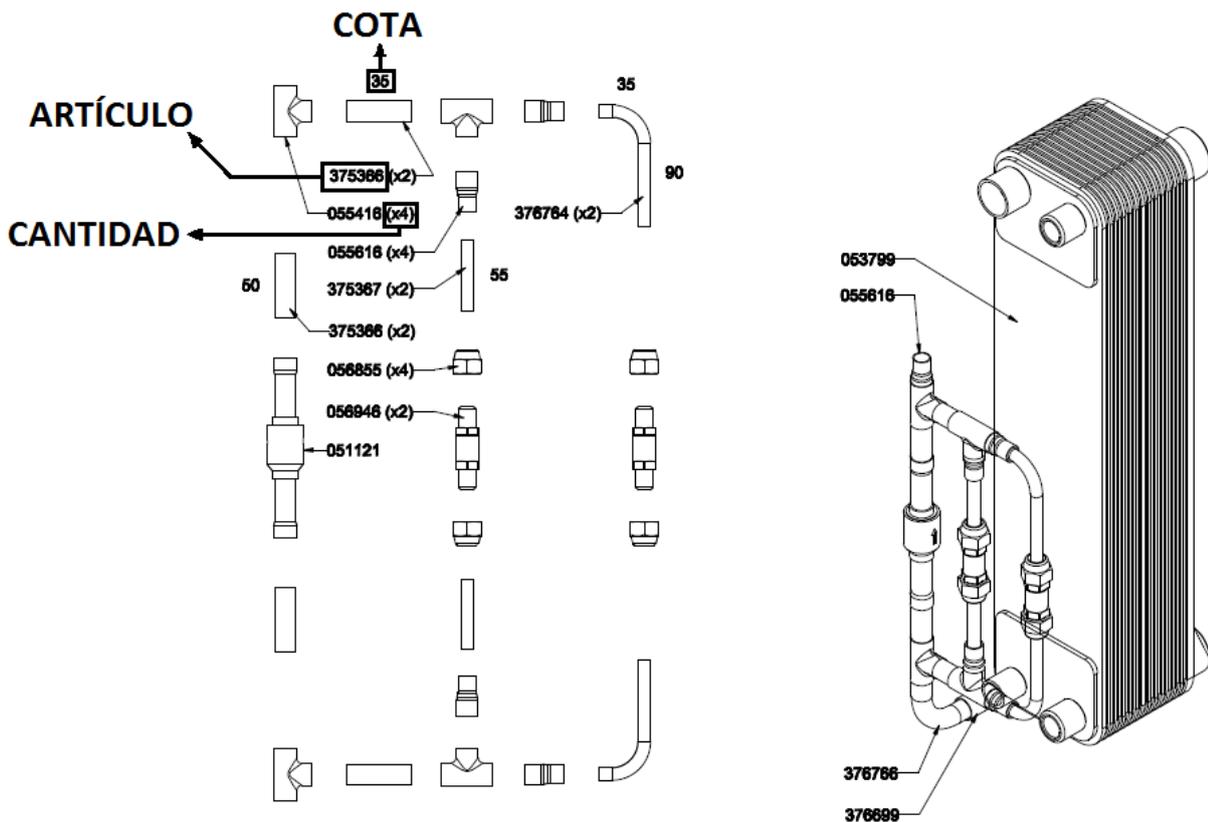


Figura 31. Explosionado de una araña de la máquina WPHBA 1001 y su montaje en el intercambiador de placas.

### 7.3. SUBCONTRATAR EL CORTE DE AISLANTE PARA INTERCAMBIADORES Y COMPRESORES

Observando los tiempos de trabajo en su análisis, se podía observar que había ocasiones en las que el montador o el frigorista disminuían el ritmo de trabajo o aprovechaban para ir al baño o a la cafetería. El motivo de ello es que hay momentos en los que no pueden trabajar si el otro operario no ha terminado una operación.

Este tiempo perdido ocurre durante el ensamblaje de arañas e intercambiadores, incidencia que quedaría solventada mediante la implantación de la nueva célula de ensamblaje de subconjuntos. Se ha tomado la subcontratación del aislante cortado como un proyecto a parte dado que este no precisa de la implantación de dicha célula. Además, la disposición del aislante recortado será a tiempo completo y no dependerá de en qué célula se emplee.

Para forrar un intercambiador, se deben aislar las dos caras y el contorno de este. El montador, hasta el momento, ha tenido que medir el intercambiador y realizar viajes innecesarios para ir a buscar aislante y luego recortar este en la máquina de corte de fibra; la cual no es para eso y suele estar en uso. Es decir que el operario no solo pierde tiempo en traslados innecesarios sino que también se lo hace perder al operario de la máquina de corte de fibra.

La sustitución de las actuales plantillas hechas por los propios montadores en cartón era urgente. Además, cada operario tenía sus propias plantillas por lo que el acabado final de cada aislante variaba entre máquinas. Y no solo eso; al estar hecho completamente a mano, los operarios no sabían los tamaños de los agujeros por lo que en ocasiones se equivocaban cortando, tanto estos como el contorno, el cual a veces no correspondía con la realidad. Es por eso que el nuevo plantillado se tenía que llevar a cabo sí o sí; se subcontratara el corte del aislante o no.



Figura 33. Intercambiador de placas forrado



Figura 32. Antiguas plantillas de los intercambiadores.

### 7.3.1. PRESENTACIÓN Y ETAPAS DEL PROYECTO

La presentación del proyecto se llevó a cabo a la vez que la del proyecto de creación de la nueva célula y, como en este, se presentó a la directiva una ficha de control del proyecto y un diagrama de Gantt donde se observarían las ganancias y las distintas etapas de implantación así como sus fechas límite.

					
FICHA CONTROL PROYECTO					
LINEA ESTRATEGICA	Mejora Margen Contribución (MOD)			PARTICIPANTES:	Alberto Perpiñán
PROYECTO	Sucontratación de aislantes				Amando Rodríguez
COORDINADOR	Alberto Perpiñán				Cristóbal Martínez
OBJETIVO DEL PROYECTO	Se pretende minimizar el takt time del ensamblaje de las máquinas e igualar los tiempos entre las distintas fases del ensamblaje mediante la subcontratación del corte y perforado del aislante de compresores e intercambiadores de placas. Se ubicará una estantería con un kanban de estos y se rellenará cuando se alcance el punto de pedido.				
ETAPAS CLAVES PROYECTO	<div style="display: flex; justify-content: flex-end; align-items: center;"> <span style="color: green; font-size: 10px;">■ Realizado</span>  <span style="color: yellow; font-size: 10px;">■ En curso</span>  <span style="color: red; font-size: 10px;">■ Atrasado</span> </div>				
	ACTIVIDAD	PLAZO INICIAL	GRADO AVANCE	OBSERVACIONES	"DELIVERABLES"
	Cambiar las plantillas de los aislantes por otras de un material más rígido.	18/10/2019			
	Pedir presupuesto de la subcontratación	25/10/2019			
	Aprobar presupuesto.	05/11/2019			
	Montar la estantería kanban y definir el punto de pedido.	13/11/2019			
	Dar códigos a los aislantes cortados	20/11/2019			
	Puesta en marcha de la subcontratación	20/11/2019			
INDICADOR DE SEGUIMIENTO	<div style="display: flex; align-items: center;"> <span style="font-size: 20px; margin-right: 10px;">→</span> <span>Takt time</span> </div>				
OBJETIVO	<b>Actual</b> Tiempos de cortar aislantes: intercambiadores: 6 minutos; compresores: 8 minutos	<b>Previsto</b> Se prevee que no se invierta tiempo en cortar aislantes.	Observaciones : Teniendo en cuenta que el pasado año se fabricaron 708 máquinas con intercambiadores (WPH, EKW) y que, aproximadamente un 15% del total de máquinas fabricadas anualmente lleva aislante en el compresor, es decir, aproximadamente 432 unidades anuales; se ha estimado un ahorro anual de 1416 euros y 1152 euros respectivamente para cada ahorro de operación. Es decir que, con la subcontratación, ahorraremos un total de 2568.		
REALIZADO					

Figura 34. Presentación del proyecto de la subcontratación de aislantes

Optimización de una planta de producción  
 Alberto Perpiñán Clavería

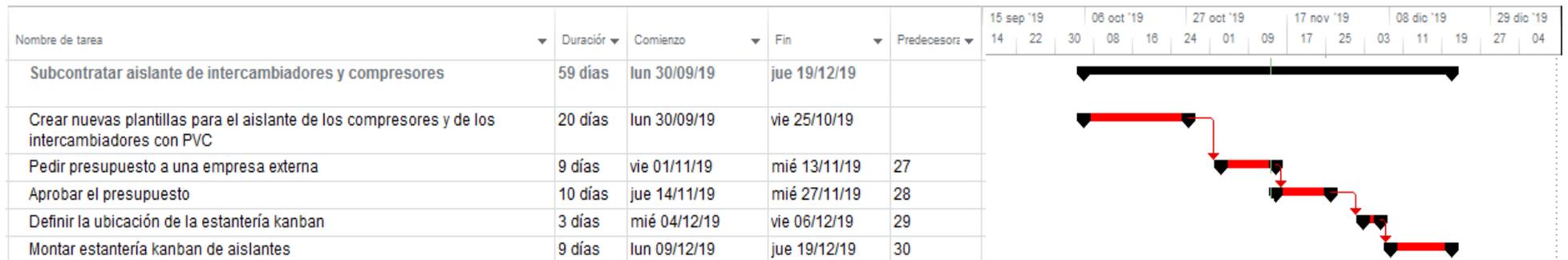


Figura 35. Diagrama de Gantt del proyecto de la subcontratación de aislantes

### 7.3.2. ELECCIÓN DEL MATERIAL

Contabilizada la superficie total que ocuparían las nuevas plantillas de los aislantes de los intercambiadores y compresores, se presupuestó y se aprobó la compra de varias placas de PVC de 4mm de grosor para realizarlas. Se ha elegido este material dada su ligereza y rigidez, pensando en su facilidad de uso y su durabilidad.

Además, el PVC es un material que ni se oxida ni se corroe, de precio económico y con una alta resistencia al choque. Por otro lado, al ser un polímero, se puede encontrar en varios colores; entre los que elegimos el blanco.

### 7.3.3. PLANTILLADO DE LOS AISLANTES

Una vez escogido el material, se decidió que el plantillado no se haría como hasta el momento; que es midiendo el componente a aislar para posteriormente trasladar esas medidas a un cartón. Se decidió pedir a los fabricantes los planos de todos los componentes necesarios.

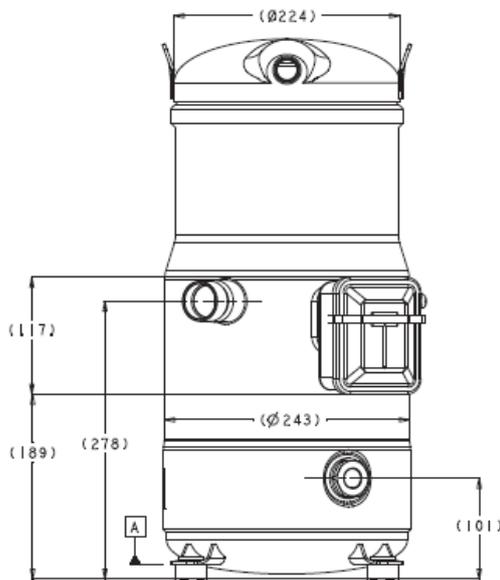


Figura 37. Vista frontal de un compresor.

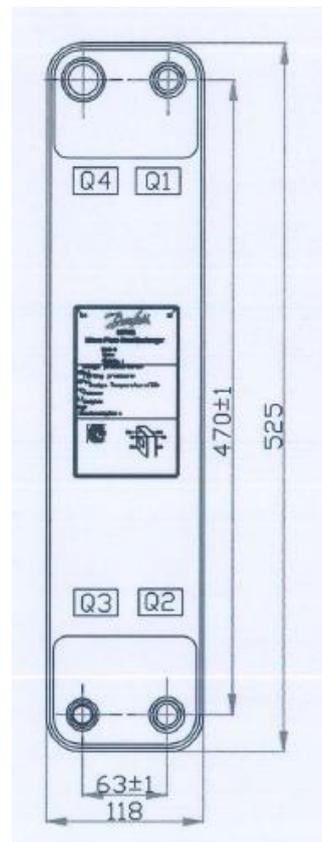
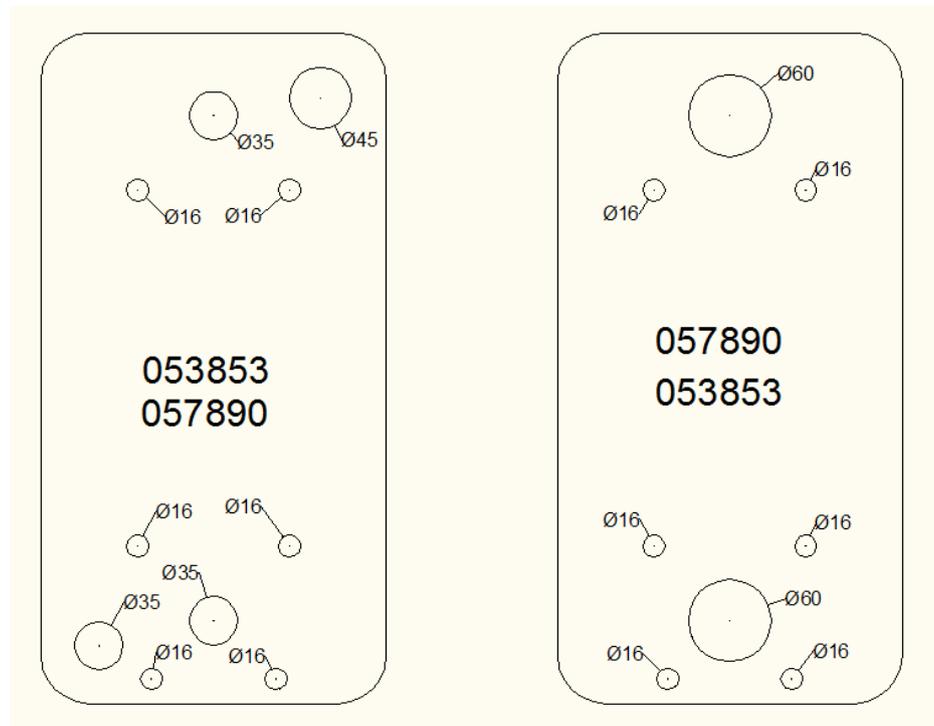


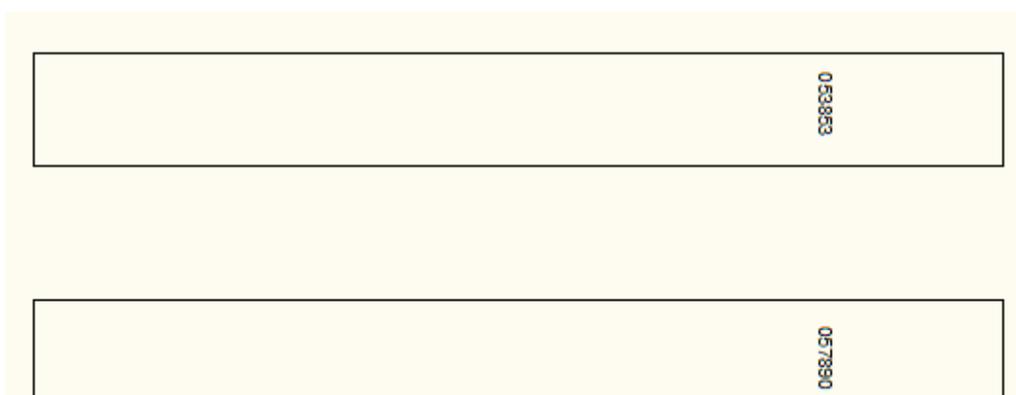
Figura 36. Vista frontal de un intercambiador de placas

Partiendo ahora de una buena base con las medidas reales, se rediseñaron unas nuevas plantillas con las cotas correctas para todos los componentes.

Esta vez, para los intercambiadores de placas, no solo se diseñaron las caras planas si no que se calculó y diseño el contorno de este mediante de la misma manera que se hizo con el programa Autocad.



**Figura 38.** Diseño de las plantillas para el aislante de las caras planas de un intercambiador de placas



**Figura 39.** Diseño de las plantillas para el aislante del contorno de un intercambiador de placas

Una vez diseñadas las plantillas, se imprimieron a tamaño real y se colocaron sobre las planchas de PVC, se recortaron y perforaron los agujeros con su debido diámetro. Después, se imprimieron pegatinas de vinilo con el diámetro de los agujeros y con el nombre de las máquinas en las que va montado ese intercambiador o compresor.

Optimización de una planta de producción  
Alberto Perpiñán Clavería

Además, también se lo colocó una pegatina con un código de artículo cuya finalidad es etiquetar cada aislante para su reposición en una estantería donde estos se ubicarán.



Figura 40. Plantillas de las caras planas de los intercambiadores.

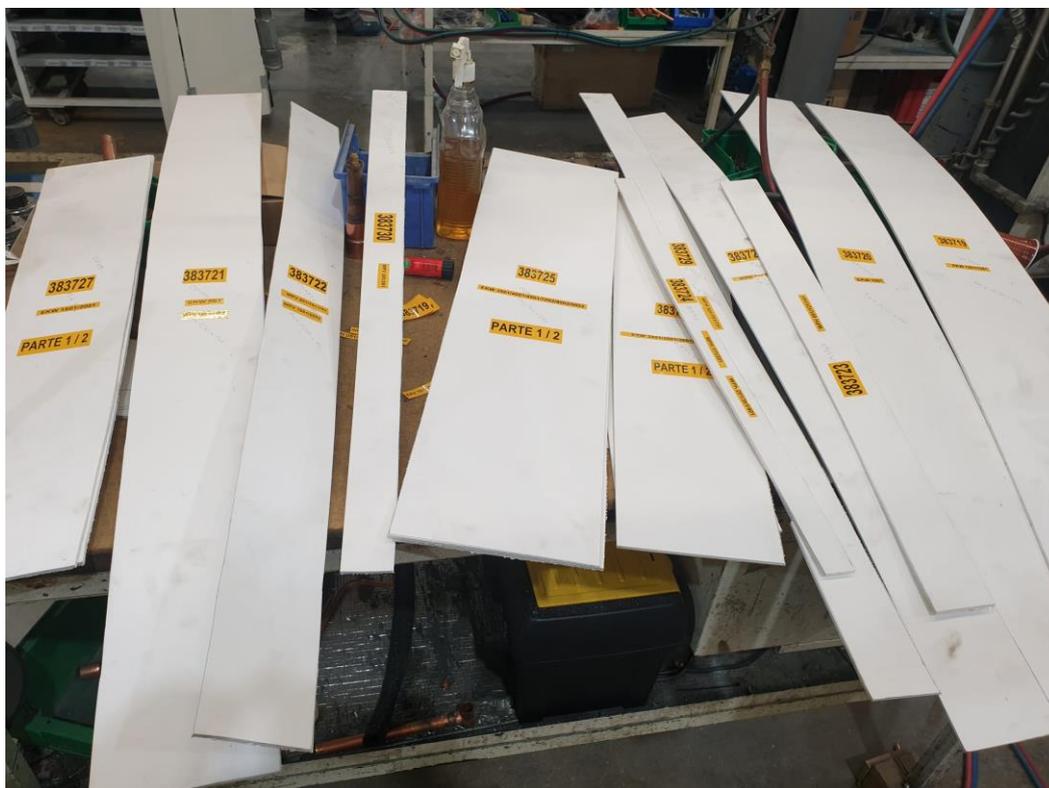


Figura 41. Plantillas del contorno de los intercambiadores

### 7.3.4. IMPLANTACIÓN INFORMÁTICA

La implantación informática del sistema de abastecimiento del aislante ya cortado pasa por la asignación de un código de artículo a este; de manera que, cuando se inicie la fabricación de una máquina, el operario del almacén recibirá la orden de abastecer todos aquellos artículos que la máquina tiene asociados a la célula de ensamblaje.

Además, este código de artículo tiene asociada su materia prima, la cual se descuenta cada vez que se lanza el artículo con la finalidad de proporcionar la información necesaria para su reposición a compras. Por ello, se han contabilizado y asociado los metros cuadrados de aislante que se utilizan en cada código de este.

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, algunas máquinas totalmente distintas comparten el mismo conjunto de aislantes del intercambiador de placas.

MÁQUINA	CÓDIGO DE MÁQUINA	CÓDIGO DEL CONJUNTO DE AISLANTES	m <sup>2</sup>
EKW 1201/1501	73420	383719	0,3
EKW 1001	73419	383720	0,29
EKW 801	54999	383721	0,28
WPV 1201/2402	53842		
WPV 501/701/751	53832	383722	0,27
WPV 1001/2002	53834		
WPH 091/121/141	53763	383723	0,1
WPH 171/201	53762	383724	0,08
WPH 251/351/401	53761		
EKW 3501/4001/4501/7002/8002/9002	57889	383725	0,5
EKW 2401/2501/3001/5002/6002	53853	383726	0,37
EKW 1601/2001	57890	383727	0,35
WPH 1001/1201	53799	383728	1,26
WPH 501/701/751	53759	383729	1,15
WPV 251/351	53833	383730	0,08

Tabla 2. Equivalencia de máquina - código de aislante

### 7.3.5. DISEÑO DE LA ESTANTERÍA: CÁLCULO DE STOCKS

Dado que la demanda de máquinas fluctúa a lo largo del año, siendo esta superior en durante los meses de primavera y verano e inferior en otoño e invierno, conseguir una gestión de aprovisionamiento óptima es muy importante. Por ello debemos considerar los siguientes indicadores:

- **Stock mínimo o de seguridad (SS):** Cantidad menor de existencias que puede existir en el lugar de almacenaje. Una cantidad menor supondría una posible falta de abastecimiento.

El SS se calcula con la siguiente fórmula, donde  $z$  es el factor de seguridad que, en este caso, es 1.7 y  $\sigma$  es la desviación.

$$SS = z * \sigma * \sqrt{LT}$$

- **Stock máximo (Smax):** Cantidad máxima de existencias que puede existir en el lugar de almacenaje. Una cantidad superior a esta supondría un sobrecoste por almacenaje. El stock máximo es el punto de pedido más el lote de fabricación.
- **Punto de pedido (PP):** Nivel de existencias en el que se realiza un pedido para reaprovisionar el almacén. Este pedido, en nuestro caso, vendrá en forma de lotes de varios aislantes. El PP se calcula de la siguiente manera:

$$PP = LT * \text{media mensual de ventas} + SS$$

- **Lead time (LT):** Tiempo de reposición del material que, en este caso, se ha fijado en 15 días (0,5 meses).

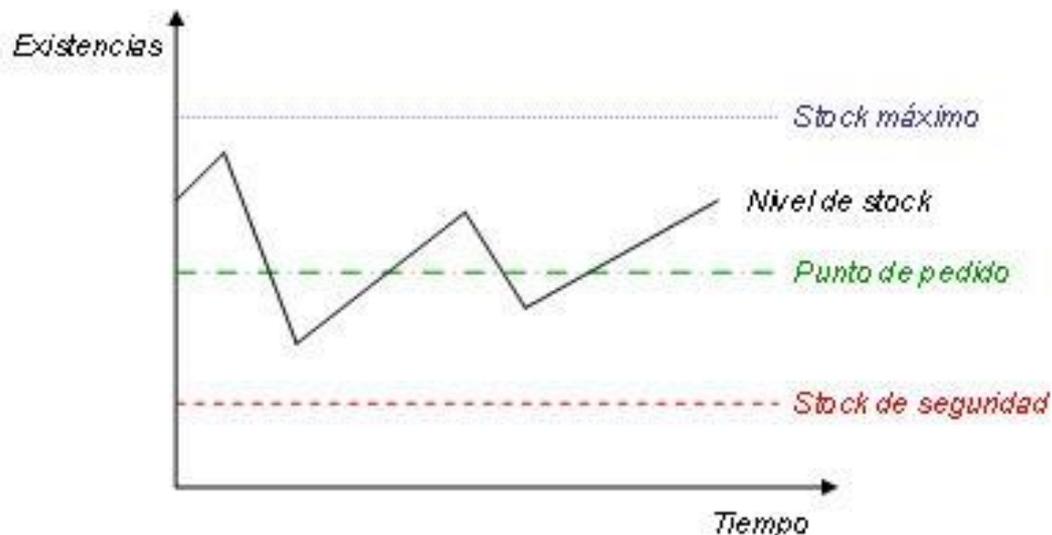


Figura 42. Fluctuación óptima del nivel de stocks

CÓDIGO DEL AISLANTE INTERCAMBIADOR	MODELOS DE MÁQUINA	VENTAS MENSUALES											
		ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18
383729	WPH 501/701/751	9	12	31	19	10	14	28	39	41	24	20	5
383728	WPH 1001/1201	22	13	9	7	12	9	56	28	54	10	25	2
383724	WPH 171/201/251/351/401	9	18	19	15	29	27	36	38	32	20	17	4
383723	WPH 091/121/141	5	3	4	2	8	1	5	3	16	1	7	3
383719	EKW 1201/1501	2	3	0	2	4	1	2	1	1	3	1	4
383720	EKW 1001	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0
383721	EKW 801 - WPV 1201/2402	2	2	1	3	1	1	6	1	0	0	0	1
383722	WPV 501/701/751/1001/2002	0	5	6	5	2	3	4	6	1	2	4	2
383725	EKW 3501/4001/4501/7002/8002/9002	3	2	2	0	3	0	8	4	3	0	4	1
383726	EKW 2401/2501/3001/5002/6002	7	5	5	3	7	3	2	5	4	3	4	3
383727	EKW 1601/2001	0	8	0	4	0	1	1	2	1	1	1	0
383730	WPV 251/351	0	1	0	1	1	2	0	1	0	0	1	1

Tabla 3. Ventas mensuales de máquinas con intercambiador durante 2018

CÓDIGO DEL AISLANTE INTERCAMBIADOR	VENTAS ANUALES	MEDIA	$\sigma$	CALCULOS LT= 0,5 MESES (15 días)				dimensiones caras planas (m)	dimensiones contornos (m)
				SS	PP	LOTE	S MAX		
383729	252	21,00	11,82	15	26	21	47	1u. x 0,525x0,12	1,25 x 0,065
383728	247	20,58	17,81	22	33	21	54	1u. x 0,55x0,12	1,25 x 0,095
383724	264	22,00	10,54	13	24	22	46	1u x 0,31 x 0,076	0,76 x 0,036
383723	58	4,83	4,13	5	8	5	13	1u x 0,31 x 0,076	0,76 x 0,06
383719	24	2,00	1,28	2	3	2	5	2u x 0,55 x 0,12	1,22 x 0,18
383720	4	0,33	0,65	1	2	1	3	2u x 0,55 x 0,12	1,22 x 0,15
383721	18	1,50	1,68	3	4	2	6	2u x 0,55 x 0,12	1,22 x 0,121
383722	40	3,33	1,97	3	5	4	9	2u x 0,55 x 0,12	1,22 x 0,095
383725	30	2,50	2,28	3	5	3	8	2u. x 0,62 x 0,19	1,56 x 0,12
383726	51	4,25	1,60	2	5	5	10	2u. x 0,49 x 0,25	1,42 x 0,17
383727	19	1,58	2,31	3	4	2	6	2u. x 0,49 x 0,25	1,42 x 0,15
383730	8	0,67	0,65	1	2	1	3	2u. x 0,320 x 0,095	0,815 x 0,51

Tabla 4. Cálculo del stock de seguridad y máximo, del punto de pedido y del lote de fabricación de la estantería de aislantes de intercambiadores.

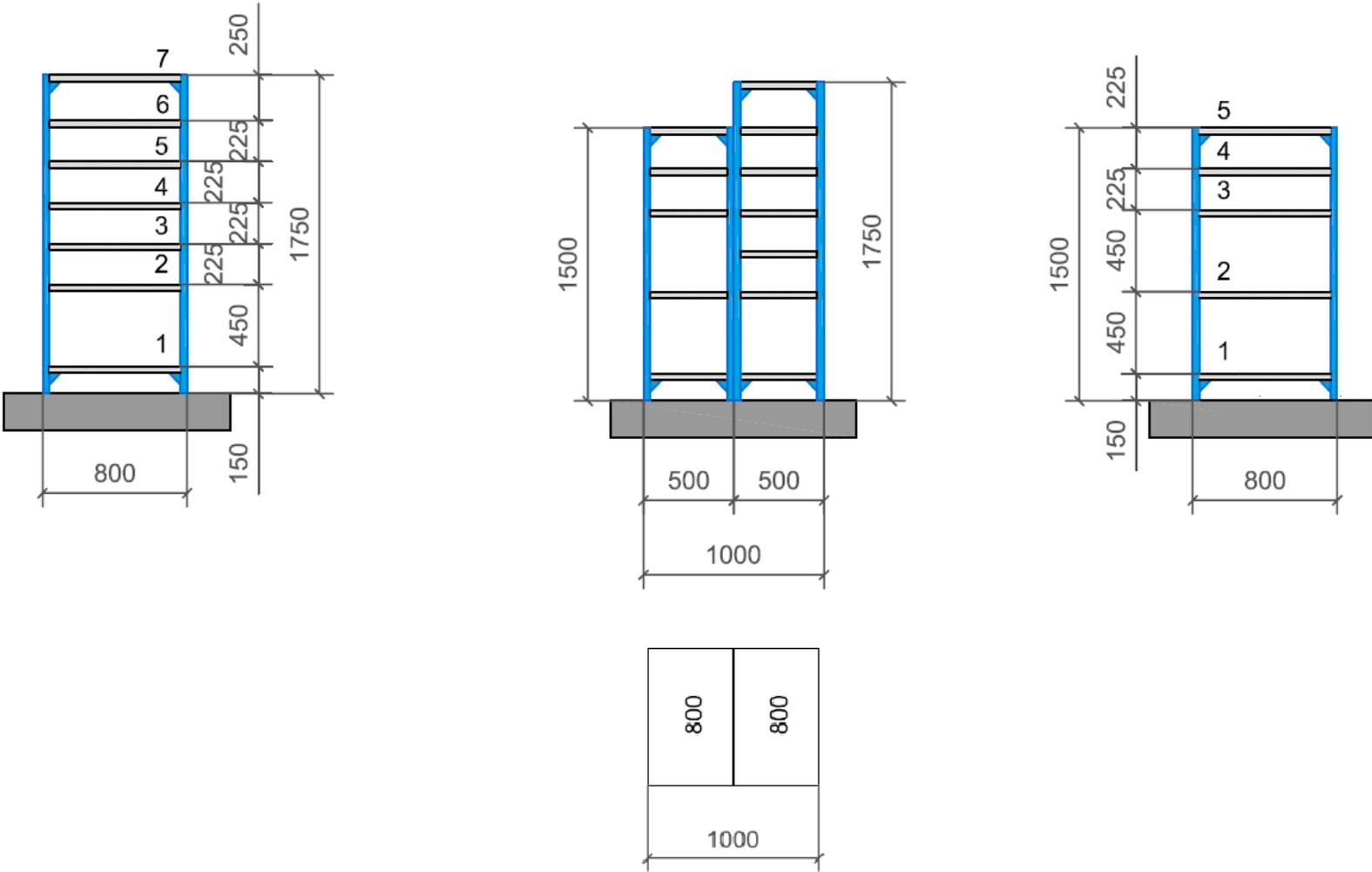


Figura 43. Estantería Kanban de aislantes de intercambiadores de placas.

## **7.4. CAMBIO DE UBICACIÓN DEL ENSAMBLAJE DE LOS FILTROS**

### **7.4.1. CONCEPTO**

Hasta el momento, el ensamblaje de los filtros se ha llevado a cabo en la célula de ensamblaje y lo ha llevado a cabo el montador. De igual manera que en el caso del aislante del compresor o intercambiador de placas, el montador debe desplazarse hasta una estantería donde se ubica el filtro para cortar un trozo de este. Después, en su mesa, corta la medida final utilizando como plantilla el marco del filtro y, finalmente, lo ensambla a este mediante unas varillas de acero.

Por lo tanto, nos encontramos con un tiempo de desplazamiento que no aporta valor al producto final, unas pérdidas económicas importantes por los retales sobrantes así como un entorno de trabajo sucio.

Es por eso que, con la intención de disminuir el tiempo de ensamblaje y consecuentemente el de entrega, se ha decidido que el operario de la célula de chapa que fabrique el cuadro también deberá ensamblar el filtro a este. Se ha tenido en cuenta, también, que el operario de chapa tiene espacio suficiente para alojar el aprovisionamiento del filtro y de la mesa y herramientas necesarias para el ensamblaje de este al marco. Además, el volumen de trabajo del operario de chapa es suficiente para añadir esta nueva operación.

### **7.4.2. NUEVA UBICACIÓN Y MONTAJE DE LA CÉLULA**

Una vez decidido el espacio de trabajo en la célula de chapa, se ha aplicado la metodología de las 5S (La primera y segunda "S") para despejar el sitio; se ha clasificado y organizado el material indispensable para que el operario de chapa pueda ejercer sus funciones y se ha estandarizado su uso y sitio.

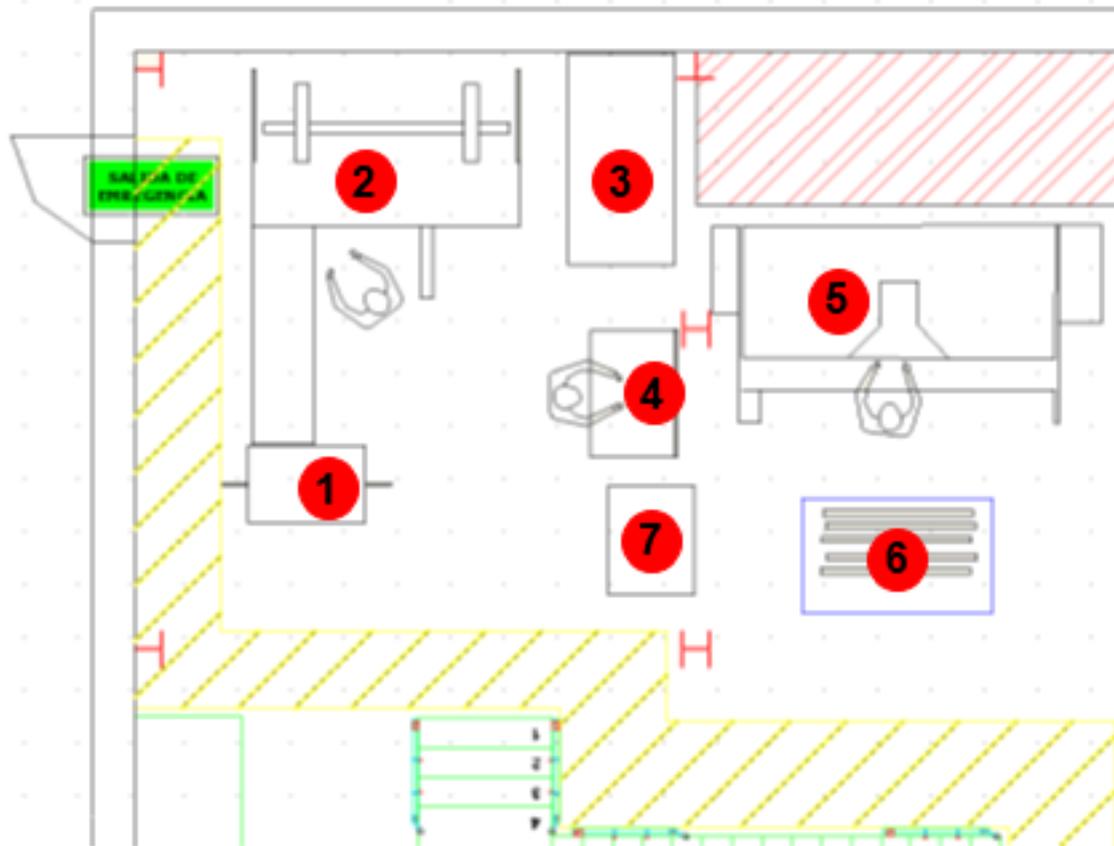
Tras limpiar el nuevo puesto, se ha decidido que se podría sustituir una antigua máquina entalladora que no cumplía los requisitos mínimos de seguridad y cuya función podría ser desempeñada por herramientas modernas y manuales.



Figura 44. Antigua entalladora eléctrica.



Figura 45. Nueva entalladora manual



PUESTO DE FILTROS	
1	Suministro materia prima malla metálica
2	Cortadora de malla metálica
3	Suministro materia prima manta filtro
4	Mesa de ensamble de filtro
5	Plegadora de marco
6	Suministro materia prima de chapa
7	Carro de filtros terminados

Figura 46. Layout del nuevo puesto de ensamble de filtros

### 7.4.3. CONSIGNAS DE SEGURIDAD

	<b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO</b>		VL   CEL   05   IT   01   X1	
	<b>CONSIGNAS DE SEGURIDAD</b>		Fecha emisión 05/12/2019	Página : 1/1
<b>RIESGOS POTENCIALES DEL PUESTO DE TRABAJO EN FILTROS</b>				
 <b>CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar la proximidad a huecos y aberturas sin proteger debidamente.</li> <li>- No colocarse a menos de tres metros de bordes sin proteger, y en una zona estable.</li> </ul>	 <b>CONTACTOS TÉRMICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respetar los tiempos de enfriamiento para tocar materiales que han sido soldados.</li> <li>- Obligatorio de equipos de protección individual.</li> <li>- Prohibido soldar con la ropa manchada de grasa, aceites o cualquier otro producto potencialmente combustible.</li> </ul>	
 <b>CAÍDAS AL MISMO NIVEL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantener orden y limpieza en el puesto de trabajo y en las inmediaciones del equipo de trabajo, retirando periódicamente los restos de metales, escorias, etc.</li> <li>- Antes de empezar a trabajar, limpiar los posibles derrames de aceite o combustible que puedan existir.</li> <li>- Evitar la presencia de cables eléctricos en las zonas de paso.</li> </ul>	 <b>CONTACTOS ELÉCTRICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar los cables eléctricos al comenzar la jornada.</li> <li>- Realizar un mantenimiento preventivo según las indicaciones del manual de instrucciones del fabricante.</li> <li>- Instalar el interruptor principal cerca del puesto de soldadura.</li> <li>- Evitar que el puesto de soldadura esté sobre zonas húmedas y en cualquier caso se debe secar adecuadamente antes de iniciar los trabajos.</li> </ul>	
 <b>CAÍDA DE OBJETOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantener orden y limpieza en la mesa o bancada de soldadura para evitar la caída de materiales.</li> </ul>	 <b>OTROS RIESGOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debe restringir el uso de la máquina exclusivamente para personal autorizado.</li> </ul>	
 <b>PISADAS SOBRE OBJETOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso obligatorio de calzado de seguridad según norma EN-20345.</li> </ul>	 <b>POSTURAS FORZADAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar o minimizar las posturas forzadas y los sobreesfuerzos durante el trabajo. Realizar pausas de forma periódica.</li> </ul>	
 <b>GOLPES Y CORTES POR OBJETOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deben usarse guantes de seguridad siempre que se manipule material cortante o punzante.</li> <li>- Verificar cualquier herramienta antes de usarla para asegurar que está en óptimas condiciones mecánicas y de seguridad.</li> </ul>	 <b>SOBRESFUERZOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se usará grúa para la manipulación de material. Cuando esto no sea posible, se pedirá ayuda a un compañero.</li> </ul>	
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS)</b>				
 <b>PROTECCIÓN SOLDADURA</b>	 <b>GUANTES DE PROTECCIÓN</b> EN-12477	 <b>GAFAS DE PROTECCIÓN</b> EN-89/686	 <b>BOTAS DE PROTECCIÓN</b> EN-20345	 <b>DELANTAL DE PROTECCIÓN</b> EN-11611.07
Emisión del servicio : PROCESOS				
Visado del emisor : Sr. A. PERPIÑÁN	Visado Metodos : Sr. A. RODRÍGUEZ	Visado Fabricación : Sr. F. BÉJAR	Visado Calidad : Sr. J.M. ROCA	

Figura 47. Consignas de seguridad del puesto de ensamblaje de filtros

### 7.4.4. DOCUMENTO DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

		INSTRUCCIÓN DE TRABAJO		VI   CHA   25   IT   01	
		ENSAMBLAJE DE FILTROS		Fecha emisión: 28/10/09	Páginas : 1/1
Nº	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	Componentes	Herramientas	
1		Recortar la malla a medida para el marco del filtro.	- Malla electrosoldada (010571;010581)	 	
2		Recortar el filtro a medida con las medidas exteriores del marco.	- Manta de filtro (012410)		- Navaja
3		Respetando la disposición de las varillas en el plano, marcar el punto medio del travesaño del marco.			- Metro - Rotulador
4		Marcar y cortar la varilla a una longitud de dos veces la distancia desde la esquina al punto medio.	- Varilla galvanizada (010659)	 	- Cizalla
5		Introducir malla, el filtro y finalizar el ensamblaje con las varillas.			
6		Comprobar el acabado final, la disposición de las varillas en el plano y finalmente depositar el conjunto en su carro.			
Emisión del servicio :				OPERACIÓN MANUAL	
Firma apellido del emisor :	Validado por :	Aprobado por :		OPERACIÓN CON HERRAMIENTA	
Sr. A. PERPIÑÁN	Sr. A. RODRÍGUEZ	Sr. F. BÉJAR		INSPECCIÓN, PAUTA DE CALIDAD	
				PROCESO CON ATENCIÓN ESPECIAL	

Figura 48. Instrucción de trabajo del ensamblaje de filtros

## 7.5. SUBSTITUCIÓN DE LA CORTADORA DE AISLANTE DE CHAPA

Previamente a la colocación de las piezas de chapa en las estanterías del almacén, estas se aíslan por el interior. Este proceso de aislamiento se lleva a cabo de manera rudimentaria: Un operario debe medir la pieza, marcar y cortar la fibra aislante con una sierra vertical de cinta y posteriormente engancharla a la pieza.



Figura 49. Antigua sierra vertical para el corte de fibra para chapa.

Con la sustitución de esta sierra por otra automática láser, se pretende omitir el tiempo que supone esta medición, marcaje y recorte además de disminuir el riesgo de accidentes dado que el operario no tendrá contacto con ningún elemento cortante. Por lo tanto, buscamos reducir al máximo el lead time, que es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa. Por otro lado, se pretende disminuir el Scrap (materia prima sobrante) mediante el suministro de aislante a la cortadora en forma de rollo y no en paneles como hasta el momento; lo que a la vez supondrá un ahorro de espacio.

Para ello, necesitábamos una cortadora láser y un desenrollador de bobina de aislante, compatible con un software Cad y con unas dimensiones mínimas de 2 x 3 metros. Una vez decidido lo que necesitábamos, nos pusimos en contacto con la empresa Balacchi y nos ofreció una máquina que a adaptaba a nuestros requerimientos.



Figura 50. Nueva cortadora láser de aislante de chapa.



Figura 51. Nuevo desenrollador de aislante para chapa

## 8. ACTUACIONES ESPECÍFICAS

### 8.1. CÉLULA DE ENSAMBLAJE

Como se pudo comprobar en toma de tiempos de trabajo, la suciedad, las máquinas en desuso y la ausencia de orden conllevaban una pérdida de tiempo de trabajo enorme. Por ello, se decidió llevar a cabo la metodología de las "5S".



Figura 52. Mesa de trabajo antes de la aplicación de la metodología "5S"

### 8.1.1. 5S

Para aplicar las 5S en la célula de ensamblaje, se ha ido paso por paso respetando su orden de aplicación: En la primera “S” (Seiri), se ha clasificado el inventario indispensable para la realización de las funciones de cada puesto y, con la ayuda de una tarjeta roja informativa, se ha desechado o movido a su lugar correspondiente el material innecesario que se encontraba en el entorno de trabajo.



Figura 54. Ejemplo de uso de una tarjeta roja

TARJETA ROJA	
FECHA:	_____ NUMERO: _____
AREA:	_____
NOMBRE DEL ELEMENTO	_____
CANTIDAD	_____
DISPOSICIÓN:	
TRANSFERIR:	<input type="checkbox"/>
ELIMINAR:	<input type="checkbox"/>
INSPECCIONAR	<input type="checkbox"/>
COMENTARIO:	_____ _____ _____

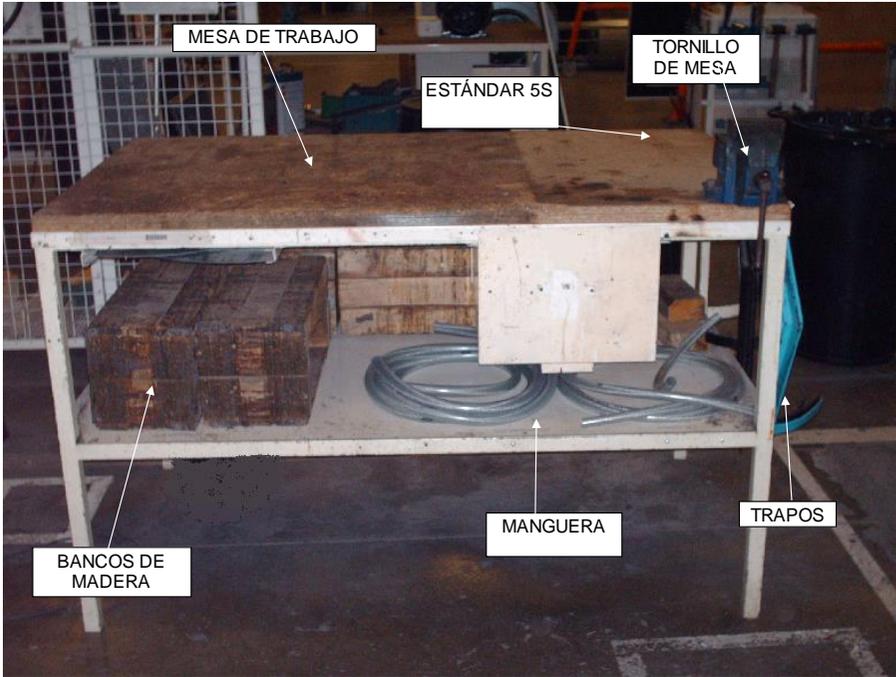
Figura 53. Tarjeta roja informativa

Una vez hecho esto, se llevó a cabo la segunda “S” (Seiton): En esta etapa, se ha ordenado todo con tal de maximizar su usabilidad. Es decir que, se eliminan los tiempos improductivos mediante la estandarización y el marcaje de los útiles, componentes o materiales indispensables para el trabajo del operario. Después, se han creado estándares de todas las mesas, cajones y elementos de la célula de trabajo.



**HITECSA**  
AIRE ACONDICIONADO

**ESTÁNDAR 5S MESA MONTADOR CÉLULA I**



**Reglas Basicas :**

- 1.- La mesa debe quedar limpia y despejada al final de la jornada.
- 2,- No hay ropa ni objetos personales encima de la mesa
- 3.- Prohibido pegar cualquier tipo de documento que no esté definido en este documento.
- 4,- La zona de trabajo debe quedar limpia al final de la jornada.
- 5,- Todos los elementos deben estar identificados y en su ubicación correspondiente.

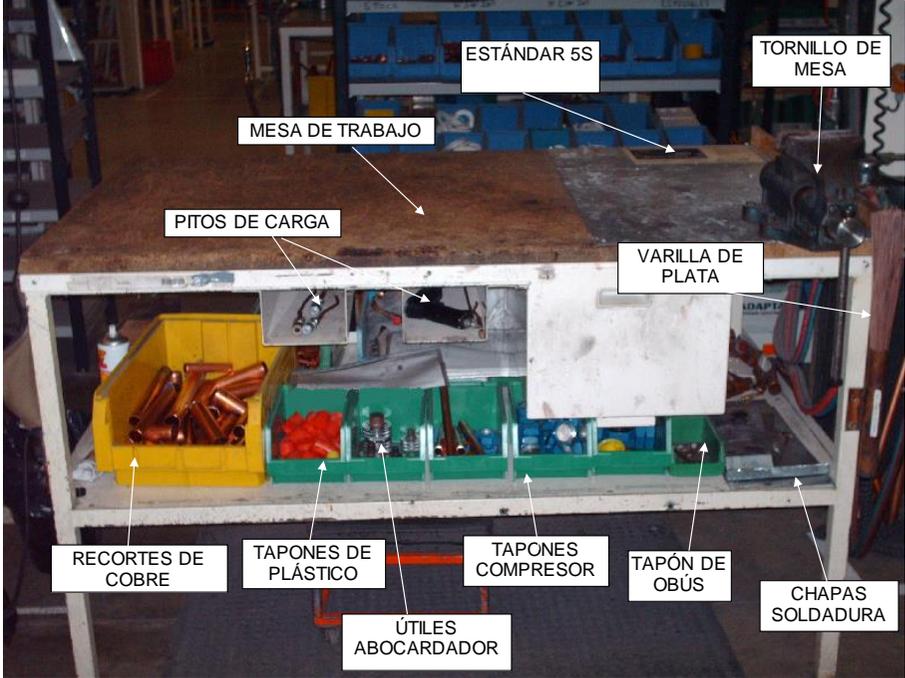
Revisión de este formato cada vez que se realice un cambio en la zona .	Emisión servicio: Procesos  Fecha: 22/12/2019	Emisor:  <b>A.Perpiñán</b> <small>(Firma y nombre )</small>	Supervisor:  <b>A. Rodríguez</b> <small>(Firma y nombre )</small>
---	---	--	--

Figura 55. Estándar 5S de la mesa del montador



**HITECSA**  
AIRE ACONDICIONADO

ESTÁNDAR 5S MESA SOLDADOR CÉLULA I



**Reglas Basicas :**

- 1.- La mesa debe quedar limpia y despejada al final de la jornada.
- 2.- No hay ropa ni objetos personales encima de la mesa
- 3.- Prohibido pegar cualquier tipo de documento que no esté definido en este documento.
- 4.- La zona de trabajo debe quedar limpia al final de la jornada.
- 5.- Todos los elementos deben estar identificados y en su ubicación correspondiente.

Revisión de este formato cada vez que se realice un cambio en la zona .	Emisión servicio: Procesos  Fecha: 19/12/2019	Emisor:  <b>A. Perpiñán</b> <small>(Firma y nombre )</small>	Supervisor:  <b>A. Rodríguez</b> <small>(Firma y nombre )</small>
---	---	---	--

Figura 56. Estándar 5S de la mesa del soldador



## ESTÁNDAR 5S: ESTANTERÍA MONTADOR (I)



MONTADOR CELULA I

BAC		P	P	M	P	P						
CÓDIGO	9	92109	96610	12250	59548	59546		9				
BAC		P	P	P	P	P	P	P	P	P		
CÓDIGO	8	90116	90120	90190	90216	90230	90245	90270	90320	90335	90438	90150
BAC		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÓDIGO	7	92113	92204	96606	95006	95008	95010	95012	95506	96801	90700	66508
BAC		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÓDIGO	6	96506	96508	96510	96613	96608	96706	96708	96710	96712	66850	59549
BAC		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÓDIGO	5	58250	58251	58252	66405	66406	66407	66020	59556	59555	66042	58358
		58350	58351									
BAC		P	P	P	P	P	P	P	P	M	M	P
CÓDIGO	4	59540	59541	59542	59543	59544	59545	66505	66502	66507	59547	
BAC		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CÓDIGO	3	800271	68534	95605	95706	95708	93904	90345	91215	91225	93906	90246
BAC		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
CÓDIGO	2	55841	56231	56239	55838	55837	66475	66710	66801			
		T		T		P	P	P	P	P		
	1	13323		13333		93125	93120	96504	96704	95004		

Reglas Básicas :

- 1.- Bacs siempre ordenados, zona limpia y recogida en cada cambio de turno.
- 2.- No ubicar objetos personales, papeles, herramientas en la estantería sólo, componentes previstos e identificados.
- 3.- La reposición del componente kanban se realizará mediante una rampa de lanzamientos para los bacs vacíos.

Revisión de este formato cada vez que se realice un cambio en la zona .

Emisión servicio: Procesos

Fecha: 11/12/19

Emisor:

**A. Perpiñán**  
(Firma y nombre)

Supervisor:

**A. Rodríguez**  
(Firma y nombre)

Figura 57. Estándar 5S de la estantería del montador

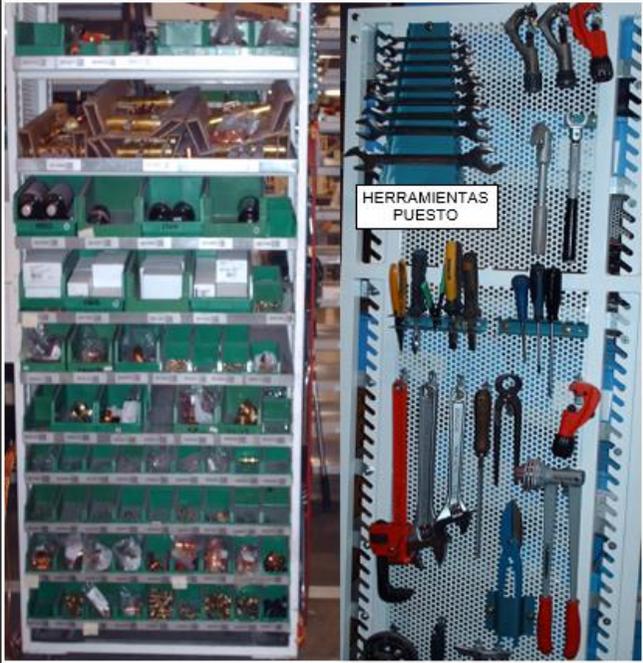


**HITECSA**  
AIRE ACONDICIONADO

## ESTÁNDAR 5S: ESTANTERÍA FRIGORISTA

**Reglas Básicas :**

- 1.- Bacs siempre ordenados, zona limpia y recogida en cada cambio de turno.
- 2.- No ubicar objetos personales, papeles, herramientas en la estantería sólo, componentes previstos e identificados.
- 3.- La reposición del componente kanban se realizará mediante una rampa de lanzamiento para los bacs vacíos.
- 4.- La reposición del componente kanban con tarjeta se realizará lanzando la tarjeta en un bac vacío mediante la rampa de lanzamiento.
- 5.- Los útiles o herramientas deben quedar en sus respectivos soportes al finalizar la jornada laboral.



HERRAMIENTAS PUESTO

FRIGORISTA CÉLULA I										
BAC	M	P	P	P	M	M	M			
CÓDIGO	51415	51417	51412	51578	55428	55435	56119			
BAC	T			T			T			
CÓDIGO	51506			51505			51504			
BAC	G	M	G	G	P					
CÓDIGO	51004	51007	51008	51009	63143					
BAC	M	G	G	G	P					
CÓDIGO	51044	51002	51341	51342	99150					
BAC	M	M	M	P	P	P	P			
CÓDIGO	55035	55036	55028	51600	51601	51604	56312			
BAC	P	M	M	P	M	M	P			
CÓDIGO	51610	56038	55635	55630	55636	55945	63076			
BAC	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
CÓDIGO	51702	56360	51710	56382	56383	56384	56385	56348	56396	
BAC	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
CÓDIGO	56363	56364	56366	56370	56390	56393	51768	56397	56399	
BAC	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
CÓDIGO	55616	55618	55622	55623	55624	55628	55422	55022	95088	
BAC	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
CÓDIGO	95100	56019	55412	55416	56821	56822	56854	56855	55677	

Revisión de este formato cada vez que se realice un cambio en la zona .

Emisión servicio: Procesos

Fecha: 03/12/19

Emisor:

**A. Perpiñán**  
(Firma y nombre)

Supervisor

**A. Rodríguez**  
(Firma y nombre)

Figura 58. Estándar 5S de la estantería del frigorista



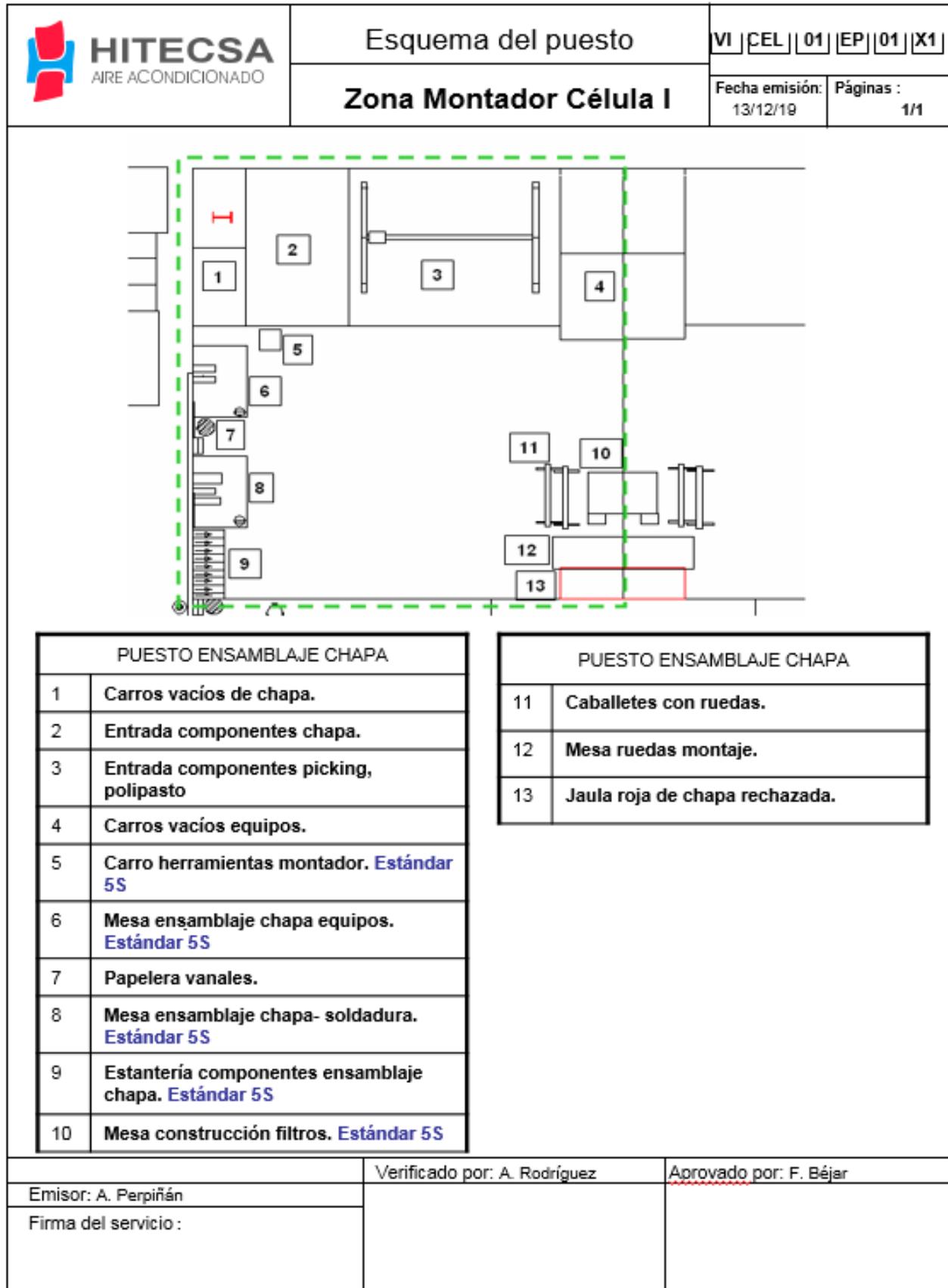


Figura 60. Esquema del puesto del montador

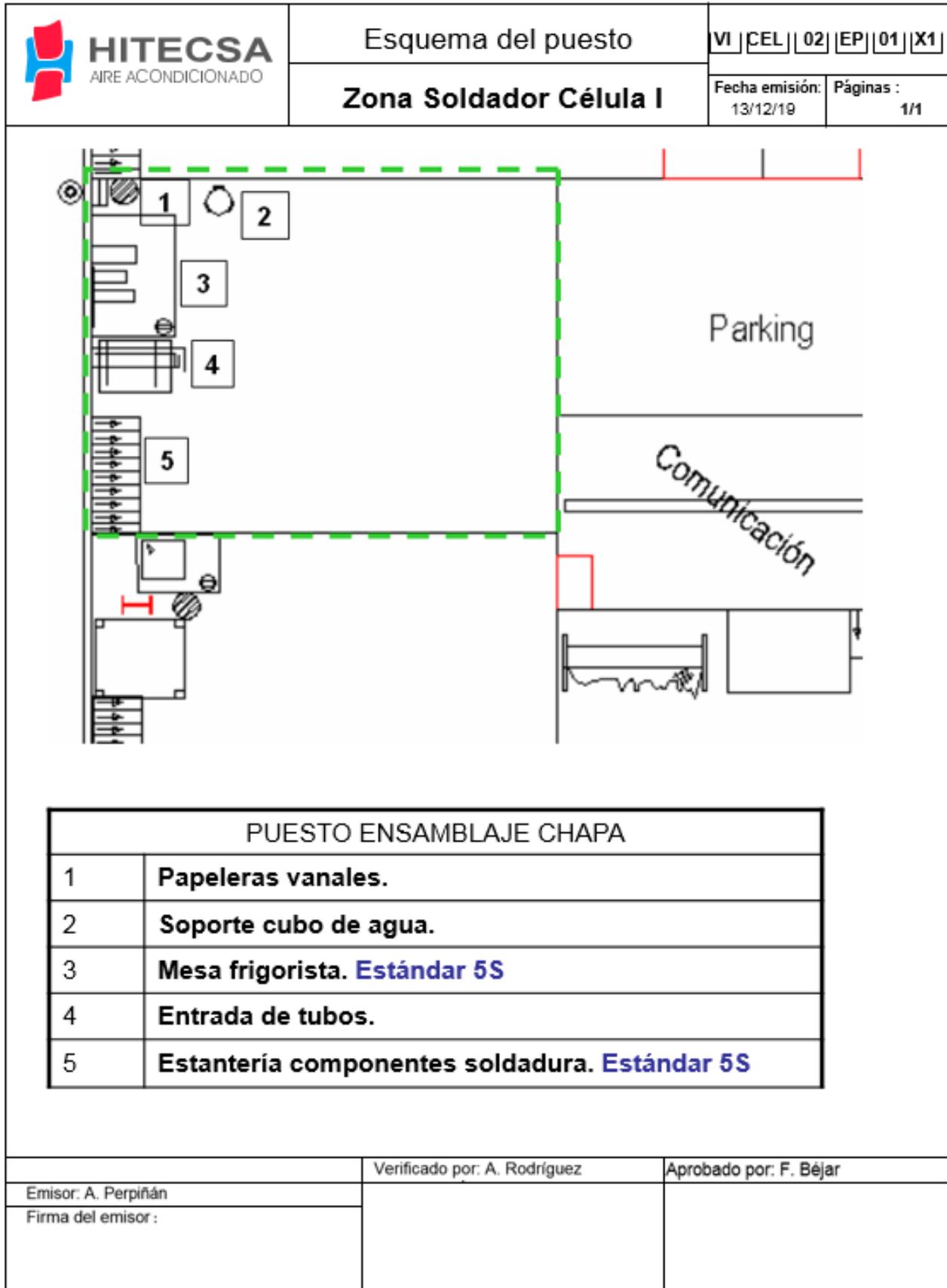


Figura 61. Esquema del puesto del soldador.

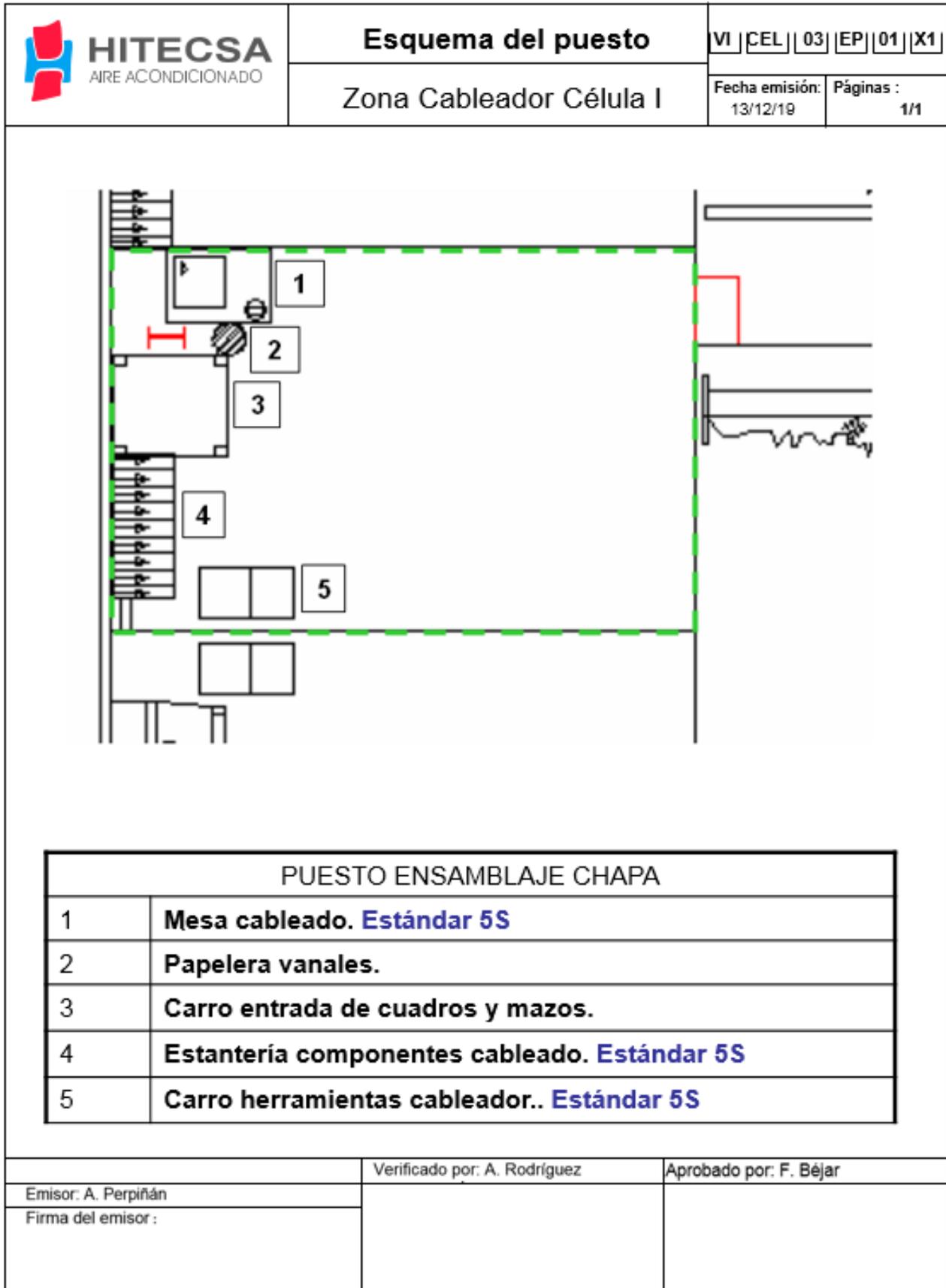


Figura 62. Esquema del puesto de trabajo del cableador

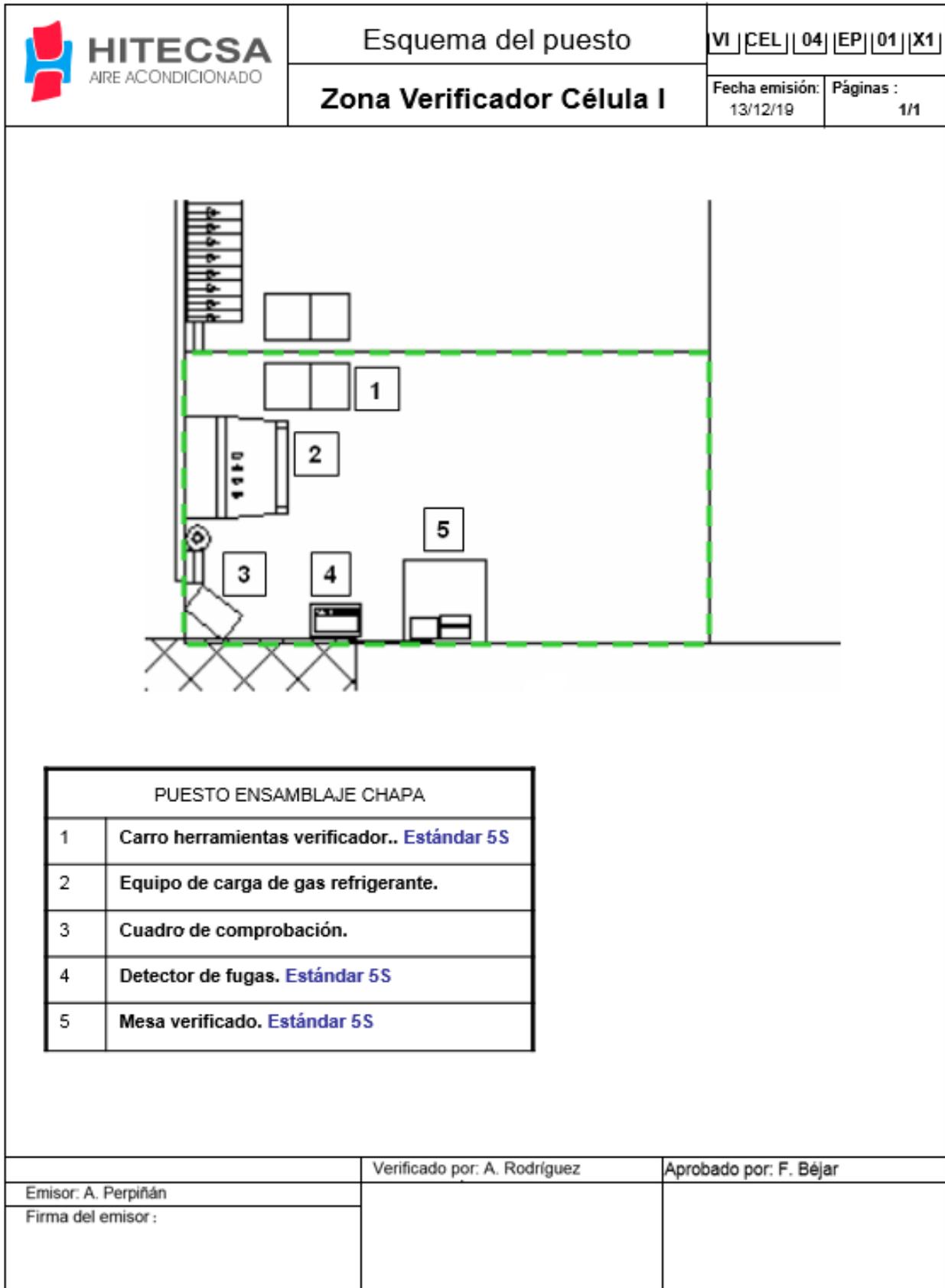


Figura 63. Esquema del puesto de trabajo del verificador

Una vez establecido el entorno de trabajo de cada operario en las dos primeras “S”, comenzamos a aplicar la tercera “S” (Seiso), que consistía en estandarizar el mantenimiento del puesto de trabajo limpio.

Teniendo en cuenta que hay dos turnos de trabajo (mañanas y tardes) se decidió que cada operario se ocuparía de dejar su puesto de trabajo tal y como lo encontró al empezar su turno; limpio y ordenado. Para ello, el operario contaría con el documento estándar de la mesa de trabajo sobre esta misma. Además, el documento estándar de la estantería y del esquema del puesto de trabajo estarían colgados en la misma estantería.

Se estableció, también, un documento en el que los operarios firmarían cada vez que finalizara su turno, comprometiéndose así a dejar su puesto de trabajo en las condiciones establecidas. Además, el encargado sería quien se ocupase de que firmaran, de que lo cumplieran y de llamar la atención a quien no lo hiciera.

FECHA	TURNO	NOMBRE DEL OPERARIO	FIRMA
	MAÑANA		
	TARDE		
	MAÑANA		
	TARDE		
	MAÑANA		
	TARDE		
	MAÑANA		
	TARDE		
	MAÑANA		
	TARDE		

**Tabla 5.** Formate del comprovante de limpieza 5S.

La cuarta “S” (Seiketsu) consistió en implicar al personal en la aplicación de las tres anteriores “S”. Para lograrlo, hicimos dos reuniones con ellos (una en cada turno) en las que les explicamos cómo deberían mantener su puesto de trabajo, mostrándoles los documentos estándares y donde los podrían consultar. Todo ello de la mano de los beneficios que les comportaría a nivel personal y profesional.

El último paso en la aplicación completa de la metodología pasaba por la quinta "S" (Shitsuke) en la que se trataría de implantar la mejora continua y que las 4S ya alcanzadas se convirtieran en una rutina. Este proceso será el más largo y complicado dado que se tratará de mejorar y mantener lo siguiente:

- Respetar las 4 anteriores "S" y su metodología creando una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- Implementar canales de comunicación que recomienda las 5s (Panel, reuniones, encuentros, auditorias, "safaris 5S ")
- Respetar las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.
- Realizar un control personal y el respetar por las normas que regulan el funcionamiento de la organización.
- Promover el hábito de auditar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas motivando al trabajador mediante su implicación.
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración.
- Mejorar continuamente con la ayuda del operario, haciendo que se sientan parte de un proyecto común.

Por otra parte, se creó una posible hoja de auditoría que el encargado de planta debería rellenar cuando no se llevara a cabo el total cumplimiento de las 5S y se pudieran tomar las acciones correctivas necesarias.

		HITECSA AIRE ACONDICIONADO		Auditoria de cumplimiento de las 5S			Célula A
				Si / No	Si NO, plan de acción	Plazo/piloto	
Inicialización	1.1	Todos hemos sido formados en 5S y participamos en el taller. Un piloto esta definido.					
	1.2	Disponemos de los elementos para el seguimiento del taller (carpeta "5S").					
	1.3	Un panel de taller SPV pone en evidencia el desarrollo del método 5S, S por S, en cada zona según "best practice" 5S. Se han hecho las fotos de la situación inicial.					
	1.4	El objetivo de paso de las "S" esta planificado.					
	1.5	Hemos delimitado con exactitud el perímetro del taller 5S.					
Eliminar	1.6	Hemos hecho una clasificación de cada objeto en la zona definida (útil, inútil, no definido) y hemos decidido de la cantidad necesaria. Hay una lista de los elementos necesarios en la zona.					
	1.7	Hemos vaciado la zona de objetos de dudosa utilidad (Zona ZAMI).					
	1.8	No quedan objetos inútiles ni en exceso. 100 % de los objetos en la zona son útiles.					
	1.9	No hay ningún objeto, por encima de las maquinas o de los armarios o en las cajas eléctricas.					
	1.10	Ningún componente o pieza esta al suelo, dentro de maquinas, en armarios o caja de herramientas.					
	1.11	Las informaciones colgadas en la zona están al día.					
	1.12	Las basuras, la chatarra, y los embalajes vacíos se evacuan regularmente.					
Total "Si" :							
% de cumplimiento :							

Figura 64. Auditoría de cumplimiento de las "5S"

## 8.1.2. ESTANDARIZACIÓN DEL AISLANTE DE LAS BATERÍAS CURVAS

En algunas máquinas de gran tamaño, hasta el momento, el montador debía tomar las medidas de la batería, anotarlas e ir hasta la máquina de corte de fibra para cortar un trozo de esta. Este proceso que, a priori conlleva una disminución de la productividad por desplazamientos innecesarios, también conlleva que el trabajador de la máquina de corte de fibra deje de trabajar durante un rato.

Para remediar este problema, se ha decidido que este trozo de fibra deberá ser suministrado por el almacén y por lo tanto almacenado correctamente en este. Para ello, se ha creado un plano y se le ha asignado un número de artículo, que a la vez servirá para su implementación informática (dar de baja el material utilizado) y para su reposición.

De igual manera que en la célula de subconjuntos, se ha decidido que el material sea suministrado en dos cajas (bags) y que funcione de la misma manera que en esta (kanban); cuando un bag sea finalizado, el operario de almacén lo llevará a la máquina de corte de fibras donde este será repuesto y posteriormente llevado a la estantería del almacén. Este sistema que utiliza el propio bag como orden de producción del aislante, se asegura de que el operario disponga siempre de un stock pequeño de aislantes ya cortados.

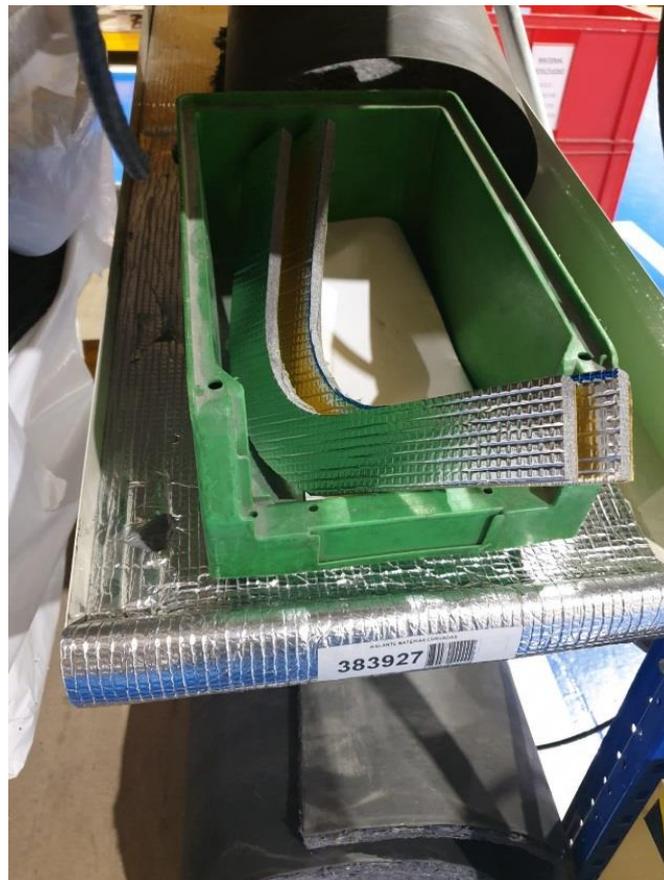


Figura 65. Bag con aislantes recortados de curvas de baterías

## 8.2. CÉLULA DE PREPARACIÓN DE TUBOS

### 8.2.1. 5S

Las dos primeras fases de la metodología 5S (Clasificar, organizar y limpiar) se han llevado a cabo para la implementación del proyecto de la célula de ensamble de subconjuntos dado que esta última se ubica en la propia célula de tubos. Sin embargo, la cuarta fase de la metodología (estandarizar), todavía no se había llevado a cabo.

Se ha tratado de transmitir a los operarios que la estandarización del trabajo y de la localización de útiles y materia prima debe ser una condición o estado permanente en vez de una actividad laboral. Se les ha mostrado también que, la identificación de todos los elementos y el orden harán de su entorno de trabajo algo más sencillo y consecuentemente más productivo.



Figura 66. Clasificación de barras de tubo por secciones



Figura 67. Clasificación de los útiles de doblado de tubos

## 8.2.2. ETIQUETADO DE TUBOS

Cada tubo de cada máquina tiene un código y un material asociado (tuberías de distintos diámetros), que se descuenta a medida que se fabrican esos tubos. Sin embargo, hay una gran cantidad de tubos cuyo plano es erróneo o cuyo material asociado no corresponde a la realidad.

Con tal de aumentar la calidad del producto final, se ha decidido comprar una impresora que permitirá identificar a cada tubo con su código. De manera que, si un tubo llega mal a la célula de ensamblaje, se podrá corregir su plano mucho más fácilmente.

Además, el soldador dispone de un plano donde se puede observar cómo va montado cada tubo y qué código tiene este, por lo que su etiquetado le facilitará mucho su trabajo.



Figura 68. Nueva impresora de etiquetas para los tubos Sister Soft



Figura 69. Tubos etiquetados

### 8.2.3. INDICADORES

Una adecuada comunicación en tiempo real del ritmo de producción constituye un factor importante para mantener dicho ritmo. Por ello, es muy importante mostrar el grado de avance de la fabricación a los operarios respecto del previsto.

Consecuentemente, se ha decidido incorporar un tablero de información en la entrada de la célula de preparación de tubos; pudiéndose aplicar posteriormente a otras secciones de la planta.

En este tablero, se muestra la productividad diaria, la semanal, el ahorro en euros por ahorro en tubo de cobre sobrante (Scrap) desde la implantación de la impresora de tubos y cómo se lleva a cabo este proceso de ahorro. Es decir que, además de mostrar a operarios y responsables el grado de producción, se pretende involucrar al trabajador en el proyecto común que implica la mejora de calidad de los planos que utilizan y, por tanto, facilitar su trabajo.



Figura 70. Tablero de información de la célula de tubos

#### 8.2.3.1. INDICADORES DE EFICIENCIA

Basándonos en los datos que el programa informático nos facilitaba, definimos un objetivo a cumplir, que fué el de preparar 20 tubos y utilizar 10 kg de cobre a la hora.

Con el objetivo de mostrar a los encargados de planta y a los propios operarios su productividad, se creó un fichero Excel donde a diario se actualizan los datos del programa informático acerca de los tubos fabricados durante el día anterior y que junto al número de horas trabajadas por los operarios nos facilita la eficiencia diaria y semanal.

	FECHA	OP1	OP2	OP3	TIEMPO TOTAL	PRODUCCIÓN		PRODUCTIVIDAD		EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN	EFICIENCIA EN PRODUCTIVIDAD
SEMANA 44	28/10/2019		8 h		8 h	43 ud	15 kg	5 ud/h	2 kg/h	22%	16%
	29/10/2019	8 h	8 h		16 h	105 ud	68 kg	7 ud/h	4 kg/h	26%	35%
	30/10/2019	7 h	8 h		15 h	73 ud	13 kg	5 ud/h	1 kg/h	19%	7%
	31/10/2019	8 h	8 h		16 h	55 ud	28 kg	3 ud/h	2 kg/h	14%	15%
	01/11/2019	0 h	0 h		0 h	0 ud	0 kg	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
	02/11/2019				0 h			#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
<b>TOTAL S44</b>	<b>23 h</b>	<b>32 h</b>	<b>0 h</b>	<b>55 h</b>	<b>276 ud</b>	<b>124 kg</b>	<b>5 ud/h</b>	<b>2 kg/h</b>	<b>31%</b>	<b>28%</b>	

Figura 71. Ejemplo de la productividad semanal en la célula de tubos



Figura 72. Indicador de la eficiencia diaria

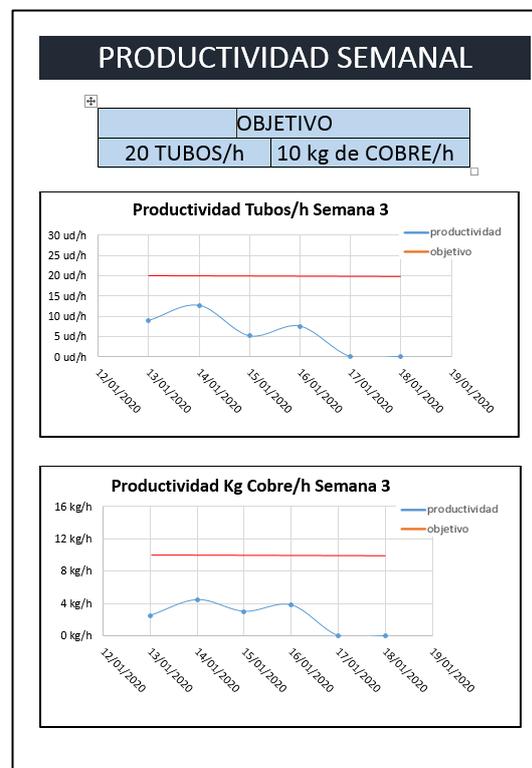


Figura 73. Indicador de la productividad semanal

### 8.2.3.2. INDICADORES DEL PROCESO DE CORRECCIÓN DE PLANOS Y DEL AHORRO EN SCRAP

El proceso de corrección de la documentación obsoleta conlleva el compromiso de los operarios, tanto de la célula de preparación de tubos como los de la de ensamblaje, dado que son ellos quienes deben comunicar cualquier fallo en los planos o en los propios tubos. Para ello, se les reunió delante del tablero y se les explicó cómo sería dicho proceso de corrección y beneficios; buscando, de alguna manera, fomentar su colaboración mediante la motivación de formar parte del proceso.

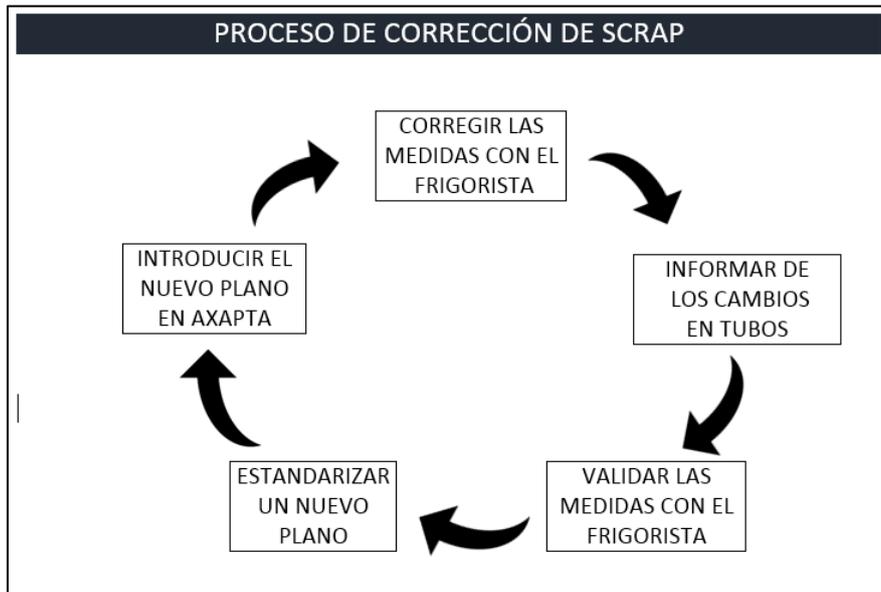


Figura 74. Indicador/explicación del proceso de corrección de la documentación obsoleta

Además, como indicador del tablero, también se mostraría una hoja donde se mostraría el avance del proceso de corrección de la documentación obsoleta así como los kilogramos y euros ahorrados en tubo de cobre sobrante.

Este ahorro anual se calcula basándonos en el número de ventas anuales de la máquina cuyo tubo de cobre es recortado y del precio del cobre.

CORRECCIÓN DE DOCUMENTACIÓN OBSOLETA DE FABRICACIÓN hasta el 19/12/2019				
Nº	FAMILIA	Unidades vendidas en 2018	Peso ahorrado (kg por máquina)	Estimación de ahorro anual (€)
1	WPHBA	596	1,613	454,91
2	CCHBA	386	2,175	225,13
3	ECHBA	344	0	0
4	ECVBA	261	0	0
5	ACHBA	238	1,248	319,3
6	ACVBA	179	2,124	614,34
7	RMXCBA	141	2,625	888,48
8	WCH	135	0	0
9	UMXC	114	4,515	176,97
10	EKWXBBA	112	0	167,79
11	CCVBA	100	1,396	113,23
12	CCHIBA	96	1,174	43,05
13	ACHIBA	93	1,195	48,672
14	ECHIBA	84	0	0
<b>TOTAL ANUAL AHORRADO</b>			<b>3053,41€</b>	

Figura 75. Indicador del proceso de corrección de la documentación obsoleta

## 8.2.4. NUEVOS DESENROLLADORES DE TUBOS

Como parte de la implementación de la metodología 5S, los desenrolladores de bobinas de tubo de cobre se debían cambiar dado que estas estaban hechas de forma casera con desenrolladores de cable y fijadas a la mesa por el operario con sus propias herramientas.

Para ello, se tomaron medidas de las mesas de trabajo y se contactó con la empresa Mopesa; la cual diseñó unos carros con la premisa de que pudieran introducirse debajo de las mesas de trabajo con tal de incorporar la bobina a esta. Además, con el diseño de los nuevos desenrolladores se pretendía solventar otro problema: poder cargar la bobina con el toro y no a mano como hasta entonces se hacía.

En total, se compraron tres desenrolladores; uno para cada bobina de tubo de distinta sección: 1/4", 3/8", 5/8".



Figura 76. Antiguos desenrolladores de tubos



Figura 77. Diseño de los nuevos desenrolladores

## 8.3. CÉLULA DE CONFORMADO DE CHAPA

### 8.3.1. TÚNEL DE PINTURA

#### 8.3.1.1. ESTANDARIZACIÓN DEL ENGRASADO DE LA CADENA DE PINTURA

Hasta el momento, el engrasado de la cadena de pintura se llevaba a cabo de manera puntual y sin tener un control sobre ello. Por ello, se decidió que este proceso se llevaría a cabo por los operarios de la propia cadena. Como con otras instrucciones de trabajo, conseguiríamos estandarizar el proceso y a la vez motivar a los operarios para mantener en buenas condiciones su puesto de trabajo.

 <b>HITECSA</b> A RE ACONDICIONADO	<b>INSTRUCCIÓN DE CONTROL</b>	VIL   PIN   13   IC   01   X1	
	<b>ENGRASADO DE CADENA</b>	Fecha emisión: 11/04/19	Página : 1
<p>La cadena de pintura se tiene que engrasar todos los <b>lunes, miércoles y viernes.</b></p>			
<b>11.00</b> <b>Abrir llave de paso</b>		<b>13.00</b> <b>Cerrar llave de paso</b>	
			
Emisión del cervato : PROCESOS			
Firma apellido del emisor : Sr. A. PERPIÑÁN	Validado por : Sr. M. DÍAZ	Aprobado por :Sr. F. BÉJAR	

Figura 78. Instrucción de control del engrasado de la cadena de pintura

## 8.5. EMBALAJE

### 8.5.1 QRQC

HITECSA COOL AIR				QRQC			
<b>1 INFORMACIÓN GENERAL</b>				<b>2 VISUALIZACIÓN DE COMPONENTE / MÁQUINA OK / NG</b>			
Fecha Inicio:	26-3-19	Nº QRQC:	278	<b>OK COMPONENTE / OK MÁQUINA</b>			
Máquina/Componente:	PVN19-002074						
QRQC Denunciante:	MERCHE CHACON						
QRQC Leader:	AMANDO RODRIGUEZ						
5W (What/Why/When/Where/Who) y 2H (How/How many)							
¿Qué ha sucedido?				<b>NG COMPONENTE / NG MÁQUINA</b>			
LE HA LLEGADO AL CLIENTE LA BATERIA CON EL TUBULAR PINCHADO POR GRAPA.							
¿Por qué es un problema?							
PORQUE ESTA PERFORADO							
¿Cuándo fue detectado? ¿Desde cuándo tenemos este problema?							
25/03/2019							
¿Dónde fue detectado?							
EN CLIENTE							
¿Quién lo ha detectado?							
EL CLIENTE.							
¿Cómo fue detectado?							
AL ABRIR EL PAQUETE							
¿Cuántos componentes/máquinas están afectados?							
1 PEDIDO							
<b>3 MEDIDAS DE CONTENCIÓN</b>				<b>4 ANÁLISIS DE OCURRENCIA (4 PORQUÉS)</b>			
Medidas de contención	Quién	Fecha	Status	¿Por qué ha sucedido?			
EL CLIENTE RESUELVE			Finalizada	1º Porqué: Utilización de una grapa grande(45mm) en vez de una pequeña(25mm).			
				Evidencia 1 La grapa atraviesa el listón de madera en el lugar donde se produce el pinchazo.			
				2º Porqué: Tamaño de pallet excesivamente pequeño			
				Evidencia 2 El pallet es demasiado pequeño y consecuentemente la distancia de seguridad es mínima con la batería es mínima.			
				3º Porqué:			
				Evidencia 3			
				4º Porqué:			
				Evidencia 4			
<b>5 CONTRA MEDIDAS</b>				<b>6 CIERRE QRQC</b>			
ACCIONES CORRECTIVAS PERMANENTES			Quién	Fecha	Status	Actualización documentos	
Se establece un documento donde se pauta el tipo de grapa que se debe utilizar en cada momento del ensamble.			RECAMBIOS	29/03/2019	Finalizada		
En el mismo documento se establece qué grapadora se debe utilizar en cada momento del ensamble.			RECAMBIOS	29/03/2019	Finalizada		
Se ha establecido un refuerzo de madera en los tubulares de la batería que permite aumentar la distancia de seguridad en caso de un uso incorrecto de las grapadoras.			RECAMBIOS	29/03/2019	Finalizada		
						Fecha	04/04/2019
						Firma	

Figura 79. Queja de cliente en referencia al embalaje de una batería (QRQC)

### 8.5.1. ESTANDARIZACIÓN DEL USO DE GRAPAS

	<b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO</b>		VL   CEL   05   IT   01   XL	
	<b>GRAPAS EMBALAJE RECAMBIOS BATERÍAS</b>		Fecha emisión 21/11/2018	Página : 1/1
<b>GRAPA GRANDE (45mm)</b>		<b>USO EN PALETS GRAPADORA 1</b>		
		<p>Las grapas grandes deben utilizarse tan solo en el pallet o base del embalaje de la batería con la finalidad de reforzarlo.</p> 		
<b>GRAPA PEQUEÑA (25mm)</b>		<b>USO EN EL CONTORNO DEL EMBALAJE. GRAPADORA 2</b>		
		<p>Las grapas pequeñas deben utilizarse tan solo en el contorno del embalaje con tal de fijar las tablas verticales con las horizontales.</p> 		
Emisión del servicio : PROCESOS		Visado Logística :		Visado Calidad :
Visado del emisor : Sr. A. PERPIÑÁN		Sr. A. TORTOSA		Sr. J.M. ROCA
		Visado Procesos :		
		Sr. A. RODRÍGUEZ		

Figura 80. Estandarización del uso de grapas

## 8.5.2. INSTRUCCIÓN DE TRABAJO: EMBALAJE DE LOS RECAMBIOS DE BATERÍAS

	<b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO</b>		VL   CEL   05   IT   01   X1		
	<b>EMBALAJE RECAMBIOS BATERÍAS</b>		Fecha emisión 21/11/2018	Página : 2/2	
     	<b>1.- VERIFICACIÓN VISUAL</b>				
	<p>Verificar visualmente el estado de la batería. Ante cualquier desperfecto avisar a calidad para que dictamine la validez de la pieza. Bajo ningún concepto puede enviarse mercancía defectuosa al cliente.</p>				
	<b>2.- COLOCACIÓN SOBRE PALLET Y REFUERZO</b>				
	<p>Cubrir por completo la superficie del pallet con cartón. Posteriormente colocar la batería encima, siempre horizontal. Flejar batería a pallet para mayor fijación y reforzar con una tabla las dos caras de la batería en las que sobresalen los tubos.</p>				
	<b>3.FILMAR EL REFUERZO DE LA BATERÍA.</b>				
<p>Asegurarse las dos caras de la batería están correctamente protegidas por el refuerzo y filmar la batería con ellos para asegurar su sujeción.</p>					
<b>4.- ENJAULADO Y REFUERZO DE MADERA.</b>					
<p>El enjaulado debe de estar formado por una distancia máxima entre maderas de 70 cm. Se debe colocar un refuerzo en forma de tabla horizontal en la parte inferior del contorno del embalaje. <b>PROHIBIDO UTILIZAR GRAPAS GRANDES.</b></p>					
<b>5.- FILMAR, ENCINTAR Y FOTOGRAFIAR</b>					
<p>Se debe filmar la jaula de madera y encintarlo con cinta de MUY FRÁGIL, en los planos horizontal y vertical, con una distancia máxima entre cintas de 70 cm. Para finalizar el embalaje, fotografiar por todas sus caras.</p>					
Emisión del servicio : PROCESOS					
Visado del emisor : Sr. A. PERPIÑÁN	Visado Logística : Sr. A. TORTOSA	Visado Procesos : Sr. A. RODRIGUEZ	Visado Calidad : Sr. J.M. ROCA		

Figura 81. Estandarización del embalaje de una batería

## 8.6. OFICINA

### 8.6.1. 5S



**HITECSA**  
COOL AIR

## ESTÁNDAR 5S CONTENIDO MESA

Departamento :Procesos



- Las mesas quedan despejada al final de la jornada, sólo queda el ordenador y el teléfono encima de la mesa.
- Los cables están ordenados, y agrupados con abrazaderas.
- Todos los papeles, incluso los utilizados diariamente, se almacenan en carpetas archivadoras.
- No hay ropa (batas, abrigos,...) encima de la silla ni en otro lugar que no sea el destinado a tal efecto.

C:\Users\HITECSA\PROCESO 5S\Downloads\5s proceso 5S

Figura 82. Estándar 5S del contenido de la mesa de oficina

## 9. PRESUPUESTOS Y AMORTIZACIONES.

### 9.1. CÉLULA DE ENSAMBLAJE DE SUBCONJUNTOS Y SUBCONTRATACIÓN DEL CORTE DE AISLANTE

Pese a que el presupuesto de ambos proyectos es distinto, el presupuesto de ambos se ha presentado como uno solo dado que la nueva célula de ensamblaje no sería tan productiva sin la implantación de la subcontratación del corte de aislante.

#### 9.1.1. PRESUPUESTO

PUESTO DE SUBCONJUNTOS			
ELEMENTO NUEVO	PRECIO POR UNIDAD (EUROS)	CANTIDAD	PRECIO FINAL (EUROS)
Mesa de trabajo principal	2500	1	2500
Mesa de trabajo secundaria	500	1	100
Bags	3	40	120
Etiquetas	0,2	150	30
Torno de Banco	120	1	120
Soplete de oxígeno	180	1	180
Bombona de oxígeno	850	1	850
Cortadoras de tubos	50	4	200
Dobladoras de tubos	75	4	300
Coste de movimientos y montaje	6000		7000
<b>COSTE TOTAL</b>			<b>11400</b>

Tabla 6. Presupuesto de la célula de ensamblaje subconjuntos

SUBCONTRATACIÓN DEL CORTE DE AISLANTES			
ELEMENTO NUEVO	PRECIO POR UNIDAD (EUROS)	CANTIDAD	PRECIO FINAL (EUROS)
Placas de PVC para el plantillado	17,5	30	525
Sacabocados	64	8	512
Recortado de las plantillas	2	75	150
Sierra caladora	113	1	113
Estantería a medida	1200	1	1200
Coste de movimientos	1100	1	1100
<b>COSTE TOTAL</b>			<b>3600</b>

Tabla 7. Presupuesto inicial de la subcontratación de aislantes

## 9.1.2. AMORTIZACIÓN

Una vez se ha presupuestado el proyecto, se ha calculado el tiempo de amortización, el cual comprende el tiempo que pasa desde el inicio del proyecto hasta que se amortiza lo invertido.

DIFERENCIA EXTERNALIZAR AISLANTES			
	AQUÍ	FUERA	AHORRO
Fibra intercambiador	3,33 €	0,80 €	76,0%
Forro compresor	5,00 €	1,20 €	76,0%

Tabla 8, Diferencias entre los precios de recorte de aislante dentro y fuera de la empresa

	TIEMPO AÑO	COSTE ACTUAL	COSTE OBJETIVO	AHORRO ANUAL
Célula de ensamblaje de subconjuntos	3.204 h	64.080,00 €	51.264,00 €	12.816,00 €
Externalizar fibra de intercambiadores	160 h	3.200,00 €	800,00 €	2.400,00 €
Externalizar forro compresor	190 h	3.800,00 €	950,00 €	2.850,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>3.554 h</b>	<b>71.080 €</b>	<b>53.014 €</b>	<b>18.066 €</b>

Tabla 9. Ahorro anual por la célula de subconjuntos y subcontratación de aislantes

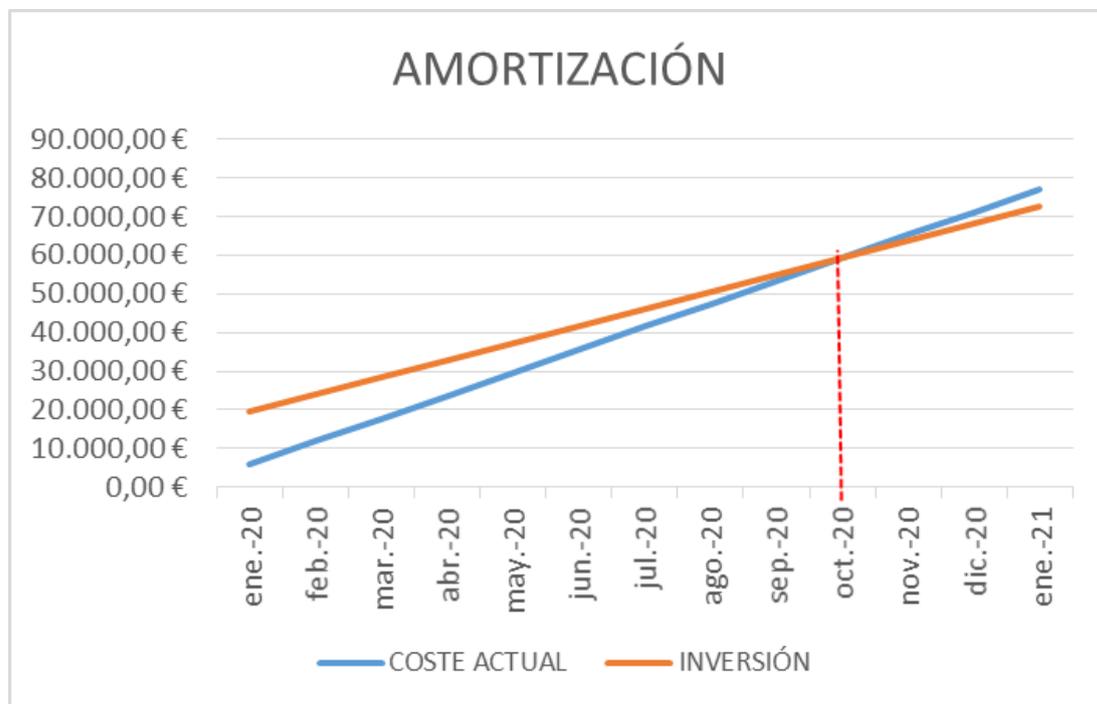


Figura 83. Diagrama inversión-coste de los proyectos de la célula de subconjuntos y de la subcontratación de aislantes.

INVERSIÓN INICIAL	AHORRO ANUAL	TIEMPO DE AMORTIZACIÓN
15.000,00 €	18.066,00 €	10 MESES

Tabla 10. Resumen del presupuesto y amortización de la célula de subconjuntos y de la subcontratación de aislantes

## 9.2. CAMBIO DE UBICACIÓN DEL ENSAMBLAJE DE LOS FILTROS.

### 9.2.1. PRESUPUESTO

CÉLULA DE ENSAMBLAJE DE FILTROS			
ELEMENTO NUEVO	PRECIO POR UNIDAD (EUROS)	CANTIDAD	PRECIO FINAL (EUROS)
Mesa de ensamblaje de filtros	1250	1	1250
Carro de filtros terminados	500	1	500
Desenrolladora de tela de filtro	700	1	700
Cizalla	24,5	1	24,5
Nueva entalladora	650	1	650
Coste de movimientos y montaje	400		400
<b>COSTE TOTAL</b>			<b>3524,5</b>

Tabla 11. Presupuesto del cambio de ubicación del ensamblaje de los filtros

### 9.2.2. AMORTIZACIÓN

TIEMPOS DE ENSAMBLAJE DE FILTROS		
TIEMPO DE ENSAMBLAJE POR EL MONTADOR (min)	TIEMPO DE ENSAMBLAJE EN LA NUEVA CÉLULA (min)	AHORRO POR FILTRO ESTIMADO (MIN)
15	12	3

Tabla 12. Tiempos y ahorro del ensamblaje de los filtros

CÉLULA DE ENSAMBLAJE DE FILTROS				
AHORRO EN TIEMPO DE MONTAJE	AHORRO EN EUROS POR FILTRO (20 euros/h)	VENTAS DE MÁQUINAS ANUALES	AHORRO ANUAL	AMORTIZACIÓN
3 min	1	4981	4981 Euros	8,5 MESES

Tabla 13. Ahorro anual y amortización del cambio de ubicación del ensamblaje de filtros

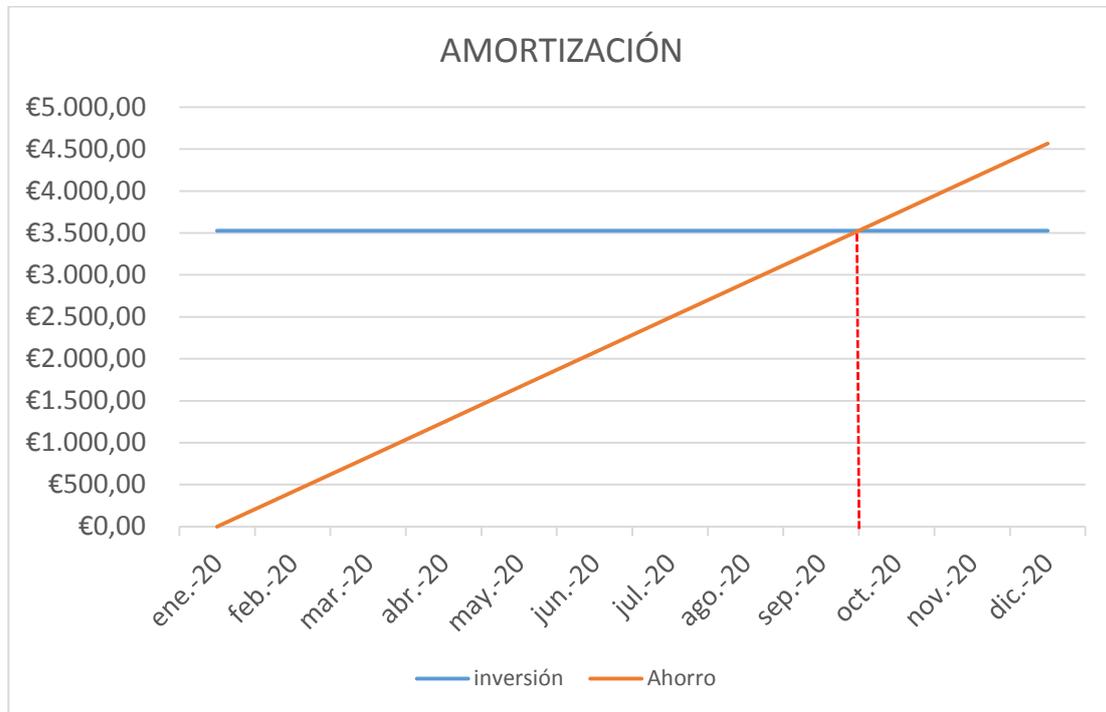


Tabla 14. Diagrama inversión-coste del cambio de ubicación del ensamblaje de los filtros

### 9.3. SUBSTITUCIÓN DE LA CORTADORA DE AISLANTE DE CHAPA

#### 9.3.1. PRESUPUESTO

SUBSTITUCIÓN DE LA CORTADORA DE AISLANTE DE CHAPA			
ELEMENTO NUEVO	PRECIO POR UNIDAD (EUROS)	CANTIDAD	PRECIO FINAL (EUROS)
Cortadora BR160PL	69120	1	69120
Desenrolladora de bobina de fibra 160/1	12640	1	12640
Coste de movimientos y montaje	incluido		-
<b>COSTE TOTAL</b>			<b>81760</b>

Tabla 15. presupuesto de la sustitución de la cortadora de aislante de chapa

### 9.3.2. AMORTIZACIÓN

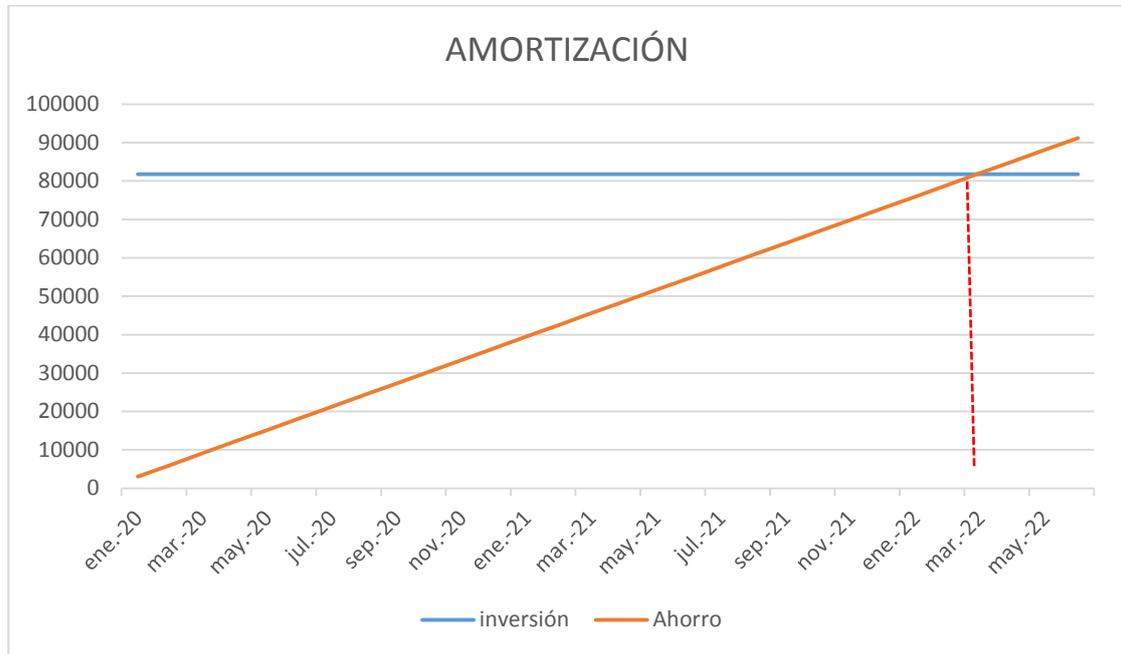


Figura 84. Diagrama inversión-coste de la sustitución de la cortadora de aislante de chapa

### 9.4. COSTE DE LAS ACTUACIONES ESPECÍFICAS

En cuanto al coste de las actuaciones específicas, se han resumido en una sola tabla. Sin embargo, su amortización es más compleja de calcular: La mejora del puesto de trabajo y de la calidad del producto tienen un valor monetariamente complejo de obtener y consecuentemente no se ha precisado hallar el tiempo de amortización.

CÉLULA DE ENSAMBLAJE DE FILTROS			
ELEMENTO NUEVO	PRECIO POR UNIDAD (EUROS)	CANTIDAD	PRECIO FINAL (EUROS)
ETIQUETA ADHESIVA IDENT. CHAPA (ref. Hitecsa 087057)	0,007	50000	365
EQUIPO DE ROTULACION F1 + SOFTWARE - SIN CUCHILLA (SIN COSTE)	0	1	0
Carro porta bobinas de tubo	530,2	3	1590,6
Elevación de la mesa de trabajo	205,2	1	205,2
<b>COSTE TOTAL</b>			<b>2450</b>

## 10. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los puntos débiles de los que partimos al inicio del proyecto, se tratará de concluir qué han aportado las distintas soluciones enumerando estos puntos uno a uno:

**Estudiar y analizar los tiempos de trabajo:** El análisis de los tiempos del trabajo del proceso productivo ha sido un acierto total; Enumerar y cronometrar cada parte del ensamblaje de algunas de las máquinas más vendidas ha servido de base para poder trabajar en el proceso, además de servir de guía para el encargado de planta a la hora de planificar la producción y los turnos u operarios necesarios para llevar a cabo un pedido.

Por ello, se debe tener en cuenta que este análisis será primordial en un futuro próximo en el que se modernizarán las máquinas y cambian sus tiempos de ensamblaje.

**Eliminar los defectos y mejorar la calidad:** Podemos concluir en que la mejora de la calidad del producto final ha mejorado notablemente: La implementación de unas plantillas para el corte de los aislantes de intercambiadores de placas y compresores además de la estandarización del ensamblaje de las “arañas”, han concluido en un producto final igual y sin defectos independientemente del operario que la montara y soldara. Otra mejora en la calidad vendrá dada, sin ninguna duda, cuando se apruebe el proyecto del cortador láser automático de fibra de chapa.

La implementación de las 5S en la célula de ensamblaje ha conllevado también a disminuir los defectos en los procesos de montaje, soldadura, cableado y verificación. De igual manera que la aplicación de las dos primeras “S” y de una impresora de pegatinas para la identificación de cada tubo sirve como herramienta para que día a día se corrijan los planos de cada tubo defectuoso. Queda pendiente la aplicación del resto de “S”, las cuales se llevarán a cabo cuando se hayan consolidado las dos anteriores.

Por otro lado, se ha podido comprobar que la creación de la instrucción de trabajo del embalaje de los recambios de las baterías ha sido efectivo dado que no se ha vuelto a pinchar ninguna batería hasta el momento.

**Aumentar la productividad laboral y disminuir y el tiempo de entrega (Lead time):** La productividad laboral ha aumentado notablemente a causa de la disminución de los tiempos de trabajo. La célula de ensamblaje de subconjuntos ha permitido que el Lead Time o tiempo de entrega disminuya entre 15 y 22 minutos en función de la máquina gracias a que al soldador, que siempre es el cuello de botella del proceso, se le facilita la araña ya ensamblada. De igual manera, la externalización del aislante ya recortado y el ensamblaje de los filtros en una nueva célula se traducen en un ahorro de tiempo de 12 a 25 minutos en el tiempo de trabajo del montador, que es el segundo cuello de botella en el proceso de ensamblaje de las máquinas estudiadas. Por lo tanto, se concluye que la aplicación de ambos proyectos ha sido fructífera.

Todavía es pronto para evaluar las mejoras que se han producido en cuanto a productividad por la aplicación de las 5S en el proceso de ensamblaje; para ello, deberíamos cronometrar el nuevo tiempo de todos los procesos. Cabe decir que los encargados de planta nos han informado de que los trabajadores son mucho más

conscientes de que la aplicación de las 5S es buena para todos y que conocen y tratan de mantener todos los principios de la metodología (Orden, limpieza...). Además, siguen firmando el papel en el que se comprometen a seguir la metodología cada fin de turno.

**Seguridad:** En cuanto a seguridad cabe destacar, aunque el proyecto aún no haya sido aprobado, la sustitución de la máquina de corte de fibra manual por otra sierra láser automática. Por otro lado, externalizar el corte de aislante también se ha traducido en una mejora de la seguridad dado que el montador ya no deberá utilizar la máquina de corte, disminuyendo así el riesgo de accidente. Asimismo, la sustitución de la entalladora eléctrica por una manual y la estandarización de las consignas de seguridad han supuesto un avance en la seguridad de los operarios a la hora de ensamblar los filtros en la nueva célula.

**Cambio de mentalidad en los trabajadores:** Pese a que no existe una mentalidad global de empresa, la implantación de las 5S en la célula de ensamblaje ha logrado que los operarios comprendan la importancia de mantener las normas de la metodología; saben que mantener un entorno de trabajo limpio y ordenado es un bien común. Bien es cierto que, en otras células de la fábrica, como en la célula de preparación de tubos donde se han aplicado tan solo las dos primeras S de la metodología, todavía no se ha alcanzado tal grado de responsabilidad y autodisciplina dado que todavía se tienen que aplicar el resto de "S"; algo en lo que actualmente ya se está trabajando.

De manera general, podemos concluir en que los proyectos de la nueva célula de ensamblaje de subconjuntos y de la subcontratación del corte de aislantes son necesarios a la hora de igualar los tiempos de trabajo en el proceso de ensamblaje de las máquinas estudiadas y especialmente útiles en la época estival; cuando la demanda es más alta y el Lead time debe ser mínimo. Por otra parte, se deberían estudiar el resto de tiempos de trabajo de otras familias de máquinas menos vendidas y de las familias que, por cambio de normativa medioambiental, serán líder de ventas en un futuro.

La metodología de las 5S ha aportado, sin duda, una mejora de los tiempos de trabajo y las condiciones laborales, siguiendo un procedimiento cuyo objetivo es lograr la calidad del espacio en el que trabajamos allí donde se han aplicado por completo. Sin embargo, en la célula de preparación de tubos, aún se debe tratar de consolidar la metodología en un futuro próximo mediante la aplicación de las tres últimas S. Además, la aplicación de esta metodología de trabajo sería adecuada en otras partes del proceso productivo, como la célula de conformado de chapa o la de embalaje.

Los documentos de instrucciones de trabajo y de estándares de seguridad son, sin ninguna duda, una parte fundamental de los proyectos efectuados, de la aplicación de la metodología de las 5S y de la corrección de futuros defectos asignados por la auditoría QRQC (Por ejemplo: la estandarización del embalaje del recambio de las baterías).

Finalmente, cabe decir que los diagramas de Gantt donde se planifican los dos proyectos principales no se han cumplido del todo, dándose un retraso de aproximadamente 20 días en cada uno. En futuros proyectos, se plantearán los plazos de manera más realista, de manera que los posibles contratiempos externos no supongan un problema.

## 11. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la empresa Hitecsa por darme la oportunidad de realizar este proyecto que, a mi parecer, me ha enriquecido profesionalmente. Gracias también a mi tutor Amando Rodríguez por guiarme y ayudarme en el transcurso del reto que para mí ha supuesto este proyecto. Por otra parte, también agradecer a mi tutor de la universidad José Antonio Sánchez López por el apoyo y la ayuda brindados a lo largo del proyecto.

## 12. BIBLIOGRAFIA

KANAWATY, GEORGE. *Introducción al Estudio del trabajo*. Cuarta edición, OIT. Ginebra (1997).

DORBESSAN, JOSÉ RICARDO. *Las 5S, herramientas de cambio*. San Nicolás, Argentina (2000).

RODARTE, ARMANDINA & BLANCO, MÓNICA. *5S´s una herramienta de calidad para la mejora del desempeño operativo: Un estudio en las empresas de la cadena automotriz de Nuevo León*. UANL, San Nicolás de lo Garza, N.L. México. (2009).

RAMÍREZ, VERÓNICA MARIELA. *Estandarización de las líneas de ensamble de productos de la empresa metaltronic S.A*. Quito, Perú (2010).

HERNÁNDEZ MATÍAS, JUAN CARLOS. *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. EOI, Madrid (2013).

BAUTISTA PAZ, JUVENTINO. *Las 5'S, Herramientas Básicas de Mejora de la Calidad en una Empresa*. <https://www.emprendices.co/> (2017).

CHAPA GARZA, MARIO GASTÓN *Manual de capacitación y evaluación*. Segunda edición, Editorial: Edumex, México, 254 pp. (2015).

MASAAKI, IMAI *Como implementar el KAIZEN en el sitio de trabajo (GEMBA)*. Segunda edición, Editorial: Mc Graw Hill, Colombia, 243 pp. (1998).

SOCCONINI, LIUS Y BARRANTES, MARCO *El proceso de las 5'S en acción. La metodología japonesa para mejorar la calidad y la productividad de cualquier tipo de empresa*. Tercera edición, Editorial: Grupo Editorial Norma. Bogotá, 196 p (2005).