



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Seleccionar titulación

ANÁLISIS Y DESARROLLO DE MEJORAS EN LOS PROCESOS IMPLEMENTADOS POR UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS Y MATERIAL PARA ESCENARIOS, E IMPLANTACIÓN DE UN SOFTWARE ERP PARA GESTIONAR LA PRODUCCIÓN

AUTOR: JOSE NAVARRO JAMAIN

TUTOR: ÁNGEL ORTIZ BAS

Curso Académico: 2019-20

RESUMEN

En el presente proyecto se realizará un análisis de todos los procesos de negocio llevados a cabo por una empresa dedicada a la fabricación de torres elevadoras, trusses, tarimas para escenarios y accesorios.

Para ello se realizará un estudio previo de todo lo relacionado con los procesos compras y aprovisionamiento, planificación de la producción, previsión de la demanda, y la logística de las expediciones.

Finalmente se realizará el proceso de selección de un software ERP para la gestión de todos esos datos, así como la definición de los requisitos para su implantación y las mejoras esperadas al finalizar el proyecto.

1. Análisis de la empresa y su sector, así como de su entorno y de las posibles investigaciones en curso respecto avances tecnológicos en su modelo de negocio.
2. Estudio de los procesos realizados dentro de la empresa.
3. Realización de propuestas de mejora en dichos procesos.
4. Implantación ERP: definición de los requisitos, selección, e implantación.
5. Análisis de las mejoras, y posibles mejoras.
6. Líneas futuras de desarrollo.

Palabras clave: Implantación ERP; Mejora procesos; Lean Manufacturing; Proceso comprometer pedidos; Estrategias de producción.

ABSTRACT

In this project, an analysis will be made of all the business processes carried out by a company dedicated to the manufacture of lifting towers, trusses, stage platforms and accessories. For this purpose, a prior study will be made of everything related to the purchasing and supply processes, production planning, demand forecasting and dispatch logistics. Finally, the selection process of an ERP software for the management of all this data will be carried out, as well as the definition of the requirements for its implementation and the improvements expected at the end of the project.

1. Analysis of the company and its sector, as well as of its environment and possible ongoing research into technological advances in its business model.
2. Study of the processes carried out within the company.
3. Making proposals for improvement in these processes.
4. ERP implementation: definition of requirements, selection and implementation.
5. Analysis of the improvements, and possible improvements.
6. Future lines of development.

Keywords: ERP Implementation; Lean Manufacturing; Process Improvement; Order Promising; Production strategy.

Índice General

1. Introducción	1
1.1 Objeto del trabajo	1
1.2 Justificación del proyecto	1
2. Descripción de la empresa	2
2.1 introducción	2
2.2 Departamentos	2
2.3 Análisis del entorno.....	4
2.3.1 Análisis del macroentorno	4
2.3.2 Las 5 Fuerzas de Porter	7
2.3.3 Análisis DAFO	11
2.3.4 Análisis CAME.....	14
3. Análisis situación actual	17
3.1 Productos	17
3.1.1 Torres elevadoras.....	18
3.1.2 Trusses.....	27
3.2 Proceso de comprometer pedidos actuales.....	29
3.3 Proceso fabricación	33
4. Propuestas de mejora	42
4.1 Reestructuración departamentos	42
4.2 Mejora de la comunicación entre departamentos: Reuniones	43
4.3 Implantación del concepto de cola de producción	44
4.4 Mejora proceso comprometer pedidos	45
4.5 Gestión del Stock.....	51
4.6 Control tiempos.....	54
4.7 Escandallos producción.....	56
5. ERP.....	57
5.1 Objetivos	58
5.2 Parámetros.....	59
5.3 Búsqueda de la empresa implementadora y del software ERP	61
5.4 Implementación software ERP	75
5.4.1. Revisión y migración base de datos	76
5.4.2 Gestión inventario.....	79
5.4.3 parametrización procesos	80
5.5 Posibles problemas	81
6. Presupuesto.....	84
7. Futuras líneas de evolución del proyecto	86
8. Conclusiones.....	89

Bibliografía	90
Anexo 1.....	91
Anexo 2.....	92
Anexo 2.1 Escandallo ODIN 80.....	92
Anexo 2.2 Escandallo ODIN PRO	92
Anexo 2.3 Escandallo ZEUS 100	93
Anexo 2.4 Escandallo ZEUS 125	94
Anexo 2.5 Escandallo ZEUS 150	95
Anexo 2.6 Escandallo ZEUS 200	96
Anexo 2.7 Escandallo ZEUS 230	97
Anexo 2.8 Escandallo ZEUS 300	98
Anexo 2.10 Escandallo VULCANO	99
Anexo 2.11 Escandallo THOR	100

Índice de Tablas

Tabla 1. Histórico ventas años 2018 y 2019 por productos familia Odín. Fuente: elaboración propia.....	20
Tabla 2. Resumen características torres familia Zeus. Fuente elaboración propia	20
Tabla 3. Histórico ventas años 2017,2018, y 2019 por productos familia Zeus. Fuente: elaboración propia	22
Tabla 4. Porcentaje ventas por productos familia Zeus. Fuente: elaboración propia	22
Tabla 5. Histórico ventas años 2017,2018, y 2019 por productos familia HL. Fuente: elaboración propia	23
Tabla 6. Histórico ventas años 2017,2018, y 2019 por productos familia Vulcano. Fuente: elaboración propia	25
Tabla 7. Histórico ventas años 2017,2018, y 2019 por productos familia Thor. Fuente: elaboración propia	26
Tabla 8. Resumen ventas totales y porcentaje sobre el total para cada mes. Fuente: elaboración propia	27
Tabla 9. Escandallo componentes torre Z300	34
Tabla 10. Definición iconos ilustración 6. Fuente: elaboración propia.	40
Tabla 11. Definición nomenclatura iconos ilustración 6. Fuente: elaboración propia	40
Tabla 12. Definición jerarquía niveles cliente. Fuente: elaboración propia.	48
Tabla 13. Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980).....	67
Tabla 14. Matriz comparación y relación pesos de los criterios Escenario 1. Fuente: elaboración propia	70
Tabla 15. Matriz normalizada de la matriz tabla 14. Fuente: elaboración propia	70
Tabla 16. Índice aleatorio RI según el tamaño de la matriz.....	71
Tabla 17. Porcentajes máximos del ratio de consistencia CR.....	71
Tabla 18. Matriz comparación alternativas en función del criterio C1. Fuente: elaboración propia.	71
Tabla 19. Matriz comparación alternativas en función del criterio C2. Fuente: elaboración propia.	71
Tabla 20. Matriz comparación alternativas en función del criterio C3. Fuente: elaboración propia.	71
Tabla 21. Matriz comparación alternativas en función del criterio C4. Fuente: elaboración propia.	72
Tabla 22. Matriz comparación alternativas en función del criterio C5. Fuente: elaboración propia.	72
Tabla 23. Matriz comparación alternativas en función del criterio C6. Fuente: elaboración propia.	72
Tabla 24. Matriz comparación alternativas en función del criterio C7. Fuente: elaboración propia.	72
Tabla 25. Vector resultante de la aplicación del AHP escenario 1. Fuente: elaboración propia.	72
Tabla 26. Matriz comparación y relación pesos de los criterios Escenario 2. Fuente: elaboración propia	73
Tabla 27. Matriz normalizada de la matriz tabla 26. Fuente: elaboración propia.....	73
Tabla 28. Matriz comparación alternativas en función del criterio C1. Fuente: elaboración propia.	74
Tabla 29. Matriz comparación alternativas en función del criterio C2. Fuente: elaboración propia.	74
Tabla 30. Matriz comparación alternativas en función del criterio C3. Fuente: elaboración propia.	74
Tabla 31. Matriz comparación alternativas en función del criterio C4. Fuente: elaboración propia.	74
Tabla 32. Matriz comparación alternativas en función del criterio C5. Fuente: elaboración propia.	74
Tabla 33. Matriz comparación alternativas en función del criterio C6. Fuente: elaboración propia.	74
Tabla 34. Matriz comparación alternativas en función del criterio C7. Fuente: elaboración propia.	75
Tabla 35. Vector resultante de la aplicación del AHP escenario 2. Fuente: elaboración propia.	75
Tabla 36. Ejemplo categorías y campos BBDD	78
Tabla 37. Resumen costes totales del proyecto	85

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Representación estructura organizativa actual de la empresa. Fuente: elaboración propia.	4
Ilustración 2. Representación de las fuerzas que influyen en una industria (Porter, 1979).....	7
Ilustración 3. Resumen DAFO.....	14
Ilustración 4. Ejemplo utilización trusses para cartel publicitario.	17
Ilustración 5. Ejemplo torre elevadora ligera estilo Odin	19
Ilustración 6. Ejemplo torre elevadora tipo Zeus 300	21
Ilustración 7. Ejemplo torre elevadora tipo Vulcano	24
Ilustración 8. Ejemplo torre elevadora tipo Thor.....	26
Ilustración 9. Ejemplo utilización trusses como estructura para photocall	28
Ilustración 10. Ejemplo utilización trusses para crear estructuras para conciertos	28
Ilustración 11. Ubicación CODP proceso fabricación actual. Fuente: elaboración propia.....	31
Ilustración 12. Detalle proceso comprometer pedidos actual. Fuente: elaboración propia. Software: Bizagi Modeler	32
Ilustración 13. Ejemplo utilización tarimas junto con estructura de trusses.....	33
Ilustración 14. Miniatura mapa de procesos de Tecnistage (Anexo 1). Fuente: elaboración propia.	39
Ilustración 15. Representación de la reestructuración organizativa de la empresa.....	43
Ilustración 16. Detalle proceso comprometer pedidos propuesto. Fuente: elaboración propia. Software: Bizagi Modeler	50
Ilustración 17. Detalle proceso gestión envío materiales a proveedor externo de pintura y zincado. Fuente: elaboración propia. Software: Bizagi Modeler	53
Ilustración 18. Representación organigrama futuro	86

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Índice de consistencia	70
Ecuación 2. Ratio de consistencia	70

1. Introducción

1.1 Objeto del trabajo

Este trabajo tiene como objetivo la realización de la memoria y del presupuesto de un proyecto real, llevado a cabo en una empresa valenciana dedicada al diseño, fabricación y exportación de torres elevadoras, trusses, plataformas para escenarios y accesorios. Por motivos de confidencialidad, el nombre real de la empresa no será revelado, y en su lugar se referirá a ella como “Tecnistage”.

Dicho proyecto estaba focalizado en la realización de un estudio para mejorar la situación productiva de la empresa, con el objetivo de pasar de una fabricación tipo taller artesanal, a una producción mucho más controlada y con unos procesos perfectamente definidos.

Para cumplir con todo ello, se han utilizado herramientas de Lean Manufacturing, estandarización y definición de procesos, así como la selección e implantación de un software ERP para mejorar la gestión de toda la información del sistema.

1.2 Justificación del proyecto

La gerencia de Tecnistage quería conseguir mejorar toda la estructura organizativa de la compañía, para poder evolucionar hacia una empresa que abandonase el concepto de taller artesanal y así abarcar una mayor cuota de mercado.

Hay que tener en cuenta que el sector en el que se encuentra la empresa es un sector muy especializado, en el cual los competidores son empresas muy parecidas entre ellas, poco profesionalizadas. Estas empresas suelen ser empresas familiares o compuestas por un número reducido de socios, los cuales aportan principalmente el capital inicial, así como los contactos iniciales para iniciar el negocio.

Para maximizar el beneficio, estas empresas se han centrado buscar el mayor número de ventas posibles, con descuentos agresivos y ofreciendo muchas facilidades de compra a los clientes. Además, ya que mayoritariamente estaban enfocadas en el aspecto comercial, las empresas del sector históricamente han contratado a personal poco cualificado en la parte de producción, comprando los diseños de los nuevos productos a ingenieros externos a la empresa.

Toda esta cultura ha hecho que las empresas del sector no tengan una gran diferenciación en sus productos, ni en sus procesos productivos, dejando en manos de sus departamentos comerciales toda la responsabilidad para mejorar los beneficios totales.

Para salir de esta situación, la gerencia de Tecnistage decidió que era el momento de realizar cambios en la organización y para ello se realizó este proyecto.

2. Descripción de la empresa

2.1 introducción

El trabajo se ha realizado en las instalaciones que Tecnistage tiene en una localidad cercana a Valencia. Dichas instalaciones albergan tanto las oficinas como la planta de producción. Todos los procesos de fabricación se llevan a cabo en esta planta, a excepción de la pintura y el zincado, los cuales se llevan a cabo por un proveedor externo.

La empresa se dedica a la fabricación, venta y exportación de material y accesorios de staging. Estos productos se separan principalmente en 4 tipos muy diferenciados, los cuales tienen ciertas peculiaridades que afectan al proceso productivo y que serán detalladas en el apartado en el que se describen los productos.

La compañía comercializa sus productos en más de 60 países y también es distribuidora exclusiva en España de una importante empresa del sector con sede en China. Tiene una estructura no muy bien definida, debido en gran medida al hecho de que es una empresa familiar en la que no se han definido tareas ni procesos. Actualmente disponen de 20 empleados. Los departamentos no están del todo definidos, ya que se mezclan las funciones de muchos de ellos, pero sí que se pueden diferenciar algunos de ellos.

En las oficinas se albergan los departamentos de ventas, diseño de nuevos productos, exportación, y compras y logística.

Por otro lado, el departamento de producción está ubicado en un despacho a pie de planta. En total, Tecnistage dispone de 9 empleados de oficinas repartidos por los diferentes departamentos, algunos de ellos formados por una única persona.

En la planta productiva se pueden diferenciar 6 zonas claramente diferenciadas, en las cuales se llevan a cabo los procesos de corte, limado, mecanizado, soldadura, ensamblado, y expediciones. Aquí trabajan 11 empleados.

Finalmente, estas instalaciones también disponen de un almacén, el cual debe albergar tanto los productos terminados no vendidos, así como los productos que Tecnistage compra a otros proveedores para su exportación, tal y como se detallará posteriormente.

La gerencia de la empresa se encarga de dirigir y tomar las decisiones clave, así como de asumir las funciones de recursos humanos.

2.2 Departamentos

Como se ha mencionado en el apartado anterior, al inicio del proyecto la empresa tenía definidos los siguientes cuatro departamentos: ventas, exportación, diseño productos, y aprovisionamiento y logística.

En Tecnistage, el **departamento de ventas** tiene diversas más allá de las puramente comerciales. Por un lado, se encarga de la constante búsqueda de nuevos clientes, así como de nuevas oportunidades de negocio, pero únicamente en el mercado nacional. Esto es importante destacarlo, ya que como se verá en los siguientes apartados, la empresa importa productos de una gran empresa china del sector para distribuirlos de manera exclusiva en España. Es por ello por lo que el departamento de ventas se encarga de satisfacer únicamente las necesidades del

mercado nacional, con todos los productos que Tecnistage comercializa, muchos de los cuales son accesorios compatibles con los productos que se importan.

Este departamento estaba gestionado directamente por la dueña y gerente de la empresa, por lo que tenía un gran peso en las decisiones operativas tomadas en la planta productiva.

Por el contrario, las funciones principales del **departamento de exportación** era centrarse en todas las oportunidades de negocio disponibles para la empresa en cualquier parte del mundo. Además de la gestión comercial con los clientes, el responsable del departamento recababa información acerca de las necesidades de los clientes de diversas nacionalidades, los productos y las novedades de la competencia (tanto nacional como extranjera), así como de la gestión de todas las acciones de marketing llevadas a cabo por la empresa.

De hecho, el departamento de exportaciones contaba con tres trabajadores, los cuales eran el responsable de exportación y otro comercial, y por otro lado una persona dedicada a las actividades de marketing y a gestionar las redes sociales de la compañía.

Este departamento tenía un peso capital en Tecnistage, pues es responsable del departamento será el próximo gerente y ejerce también como responsable del departamento de diseño.

Así pues, el **departamento de diseño** tenía cuatro funciones principales. Compuesto por un ingeniero industrial, en primer lugar, tenía que analizar y desarrollar las ideas y propuestas presentadas por el responsable del departamento de exportación. De aquí nacían los productos innovadores de la compañía.

Por otro lado, era responsable de la gestión de los encargos personalizados para el mercado nacional de escenarios, tarimas y demás estructuras requeridas para cualquier espectáculo, las cuales eran fabricadas exprefeso.

Además, se encargaba de dar soporte técnico acerca de los productos fabricados por Tecnistage, ayudando al departamento comercial para solventar cualquier tipo de dudas generadas por los clientes.

Finalmente, este departamento tenía que dar soporte a la fábrica, especialmente a las máquinas CNC. La empresa contaba con dos tornos y dos fresadoras de control numérico, las cuales necesitaban planos detallados para poder funcionar, los cuales se realizaban en dicho departamento.

A pesar de ser clave para la empresa, este estaba muy cargado de trabajo, siempre supeditado a las necesidades de los departamentos de ventas y exportación, por lo que las necesidades de la producción eran dejadas de lado.

Finalmente, el **departamento de compras y logística** se encargaba de conseguir los materiales requeridos para la fabricación de los productos de la compañía, así como de la gestión de las expediciones.

Para ello contaban con dos personas, una de las cuales era la responsable del departamento y la encargada del aprovisionamiento de material. Como se verá más adelante, la empresa únicamente tenía cuatro proveedores principales, los cuales proporcionaban la materia prima necesaria, así como el gas requerido durante el proceso de soldadura, además de los consumibles y los EPI's.

La otra persona del departamento se encargaba de la gestión de las expediciones a partir de los datos transmitidos desde los departamentos de ventas o exportación. Aquí la principal dificultad era ubicar los pedidos a la hora de encargar un transporte, pues Tecnistage no tenía camiones propios y tampoco acuerdos cerrados con gestores logísticos. Al reservar pedido a pedido, era necesario dar las medidas aproximadas de los bultos, lo cual era muy difícil al no tener definidos los parámetros de los productos, ni preparado ninguna ficha logística.

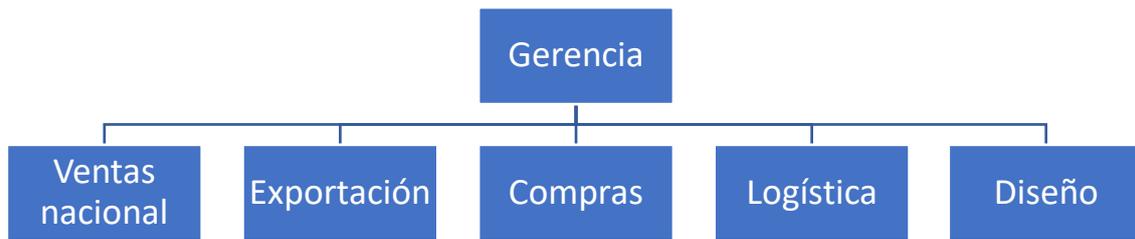


Ilustración 1. Representación estructura organizativa actual de la empresa. Fuente: elaboración propia.

2.3 Análisis del entorno

Antes de comenzar el desarrollo del proyecto de mejora de los procesos de la empresa, es básico conocer el entorno de la empresa y del sector, puesto que existen particularidades que deben ser estudiadas y analizadas con detenimiento.

Al ser un sector muy especializado, prácticamente todas las piezas utilizadas son desarrollos propios de la empresa, y fabricadas en la propia factoría de Tecnistage o como mucho gestionadas por algún proveedor. Este es el caso de las pletinas que por su morfología requieren cortes muy precisos que solamente pueden hacerse mediante láser, o piezas que deban ser dobladas en ángulos muy concretos.

El hecho de que Tecnistage tenga prácticamente toda la maquinaria necesaria para fabricar todas las piezas y componentes que forman sus productos a partir de materia prima en crudo, hace que tenga una independencia que limita el impacto de los proveedores externos sobre la compañía, tal y como se verá a continuación.

Para poder tener una imagen completa del entorno en el que se encuentra la empresa, se realizará un análisis del macroentorno, 5 Fuerzas de Porter, un análisis DAFO, y un análisis CAME.

2.3.1 Análisis del macroentorno

- **Político-legal:** debido al hecho de tener una única sede, la compañía se rige por el marco legal impuesto por España. Esto hace que sea más sencillo de controlar al estar situada en una zona con una situación política estable como es la Unión Europea. Habida cuenta de que parte de su actividad está dedicada a la exportación de productos manufacturados en la planta, el hecho de tener tratados de comercio con los otros países europeos facilita mucho las cosas. No obstante, con excepción Portugal, hasta ahora Europa no es uno de los mercados principales por la existencia de grandes competidores como se verá más adelante. Por otro lado, Europa es una de las mejores zonas para la importación de materiales desde otros lugares como China, ya que tiene tratados para facilitar dichos negocios. Debido a ello, la otra gran actividad de la empresa que es la distribución de materiales importados desde dicho país, no se ve perjudicada con grandes aranceles y tampoco se ve potencialmente amenazada por ello gracias a la gran estabilidad política de la región.
 - La actual situación en el contexto de la pandemia de la Covid-19, hace que haya cambiado el marco legal que regulaba la situación laboral de esta empresa. Las medidas de higiene para evitar los contagios dentro de la planta de trabajo hacen que se vayan a tener que modificar los puestos de trabajo de las personas de oficina, así como adaptar los de los operarios de planta. Además, el hecho de

no poder realizar ninguno de los trabajos de manera telemática, hace que esta empresa sea muy vulnerable ante posibles nuevos confinamientos masivos.

- **Económica:** La empresa depende principalmente de la cantidad de eventos públicos realizados en los que se requieran sus productos. Es decir, a mayor cantidad de conciertos, actuaciones, espectáculos, o concentraciones se realicen, más posibilidades hay de que sus productos sean requeridos por los clientes. Normalmente el ciclo de vida de sus productos está comprendido entre los 3 y los 5 años, dependiendo fundamentalmente de la intensidad de su uso. Si bien es cierto que la empresa realiza pedidos personalizados para eventos puntuales, estas ventas solo alcanzan aproximadamente el 20% de la facturación anual de la empresa. Por este motivo, el contexto económico actual con la situación de la pandemia de la Covid-19, hace que el número de eventos públicos multitudinarios haya caído, provocando una situación comprometida para la empresa. Por otro lado, el hecho de tener distribuidores en muchos países latinoamericanos, con normativas menos estrictas, abre la puerta a potenciales nuevos encargos.
- **Demográfica:** los productos diseñados por Tecnistage no tienen diferencias en función del mercado al que van dirigidos, por lo que puede decirse que sus clientes potenciales tienen las mismas características básicas. Esto se debe a que la compañía diseña y produce íntegramente el producto final que se vende al público, por lo que es más sencillo gestionar un número menor de referencias. Además, las necesidades de todos los clientes son las mismas, a diferencia de otros sectores como el de la automoción, en el que los clientes tienen gustos muy diferentes. Aquí, al ser productos enfocados a profesionales, y no ser productos de venta al público, las necesidades son totalmente impuestas por los parámetros del escenario o la actuación que se quiera realizar. No obstante, es evidente que aquellos clientes provenientes de países con mayor poder adquisitivo realizan pedidos de productos más grandes o con mejores especificaciones, que aquellos que vienen de mercados más débiles, pero los productos son los mismos para todos y están disponibles en todos los mercados.
- **Tecnológica:** al ser un mercado de nicho muy especializado, hay pocas empresas que desarrollen y comercialicen este tipo de productos. Dichas compañías no suelen ser muy grandes (entre 20-50 empleados), estando además bastante repartidas alrededor del mundo. Este hecho hace que no haya un gran impulso tecnológico en el sector, pues en general estas empresas son familiares y prefieren buscar la rentabilidad y los beneficios inmediatos, antes que reinvertir en la empresa. A pesar de ello, existen ciertas innovaciones en la familia de las torres elevadoras y también en el de los trusses.
 - En las torres elevadoras las principales innovaciones se centran en conseguir torres que alcancen mayores alturas a la vez que alcanzan más peso. Esto se está consiguiendo mediante la utilización de bases de hierro muy pesadas a las que se les ensamblan unas estructuras en forma de trusses de aluminio, los cuales son extraordinariamente resistentes y permiten elevar cargas muy pesadas. Además, estas partes de aluminio pueden fabricarse con la misma materia

- prima que los trusses, por lo que se reducen los costes al no requerir materiales específicos, únicamente procesos de fabricación especiales.
- Por otro lado, en los trusses también hay cierta innovación. Esta tiene lugar sobre todo en la manera en la que pueden acoplarse estos trusses para formar estructuras más grandes y sólidas. No obstante, estas mejoras sí que las están realizando grandes compañías chinas, las cuales se dedican únicamente a la fabricación de estos productos. Tecnistage, la cual distribuye productos de esta compañía china no tiene ningún proyecto de mejora de tecnológica en esta línea de productos.
 - Finalmente, el punto en el que Tecnistage tiene un mayor campo de innovación por explotar es en el de los procesos productivos. En la actualidad, muchos de ellos están basados en técnicas de fabricación del tipo taller artesanal, en los que se utilizan herramientas y medios acordes. La compañía dispone de avanzadas máquinas CNC de la compañía Haas para las funciones de torneado, fresado y mecanizados. A pesar de ello, la gerencia ya está analizando la posibilidad de incluir una máquina de corte laser para la fábrica (tarea que hasta ahora se subcontrata), permitiendo la realización de piezas mucho más complejas. también están valorando la posibilidad de adquirir nuevas impresoras 3D para prototipos. En cualquier caso, por el momento la fabricación por adición de material queda descartada, ya que es una tecnología que, para el caso de estructuras metálicas pesadas, aún está en fase de desarrollo.
- **Sociocultural:** como se ha explicado anteriormente, el sector en el que trabaja la empresa depende directamente de la realización de espectáculos, actuaciones o actos multitudinarios. Es por ello por lo que la compañía es muy vulnerable a cambios sociales o culturales. Su mercado principal está en la península ibérica, a pesar de que distribuyen sus productos en más de 60 países. Por lo que, durante los meses estivales, al realizarse un mayor número de eventos y fiestas, la empresa tiene su pico de pedidos en esa época.
 - La mayor parte de sus clientes son de países con buen clima y posibilidad de realizar espectáculos al aire libre durante todo el año, y aquellos cuyas culturas son más propensas a la realización de festividades locales multitudinarias. Por este motivo, gran parte de sus clientes son empresas dedicadas al montaje de escenarios para actuaciones musicales en España, Portugal y Latinoamérica.
 - Los gustos de los consumidores son bastante estables, ya que los productos que desarrolla la empresa son para un uso profesional y tecnológicamente no son avanzado, por lo tanto, los clientes buscan más una renovación de sus equipos o alguna actualización de estos para incrementar su tamaño o capacidad elevadora, más que alguna prestación innovadora.
 - Por supuesto está por ver cuanto afectará la situación de la pandemia de la Covid-19 a la realización de dichos eventos, pues las previsiones para los próximos años no son positivas. A pesar de ello, Tecnistage también realiza encargos personalizados para grandes empresas como El Corte Inglés o Inditex, diseñando stands para presentaciones o estructuras para la colocación de la iluminación interior de las tiendas. No obstante, todas estas líneas de negocio dependen de que el público de sus clientes pueda acceder a estos eventos de manera presencial.

- **Medioambiental:** la compañía genera una cantidad de residuos bastante importante, algunos de ellos químicos, por lo que tienen un contrato con una empresa local de gestión de dichos residuos para su correcta eliminación. Principalmente los residuos que se producen durante la realización de sus productos son virutas metálicas de hierro y aluminio, residuos químicos de taladrina y una pequeña cantidad de plásticos y cartones. Especialmente peligrosos los residuos de taladrina, pues son altamente contaminantes y deben gestionarse de una manera muy particular para poder separar correctamente las virutas metálicas y las partes oleosas de su composición.¹

Por otra parte, Tecnistage no dispone de ningún plan de gestión energética ni de reducción de su huella ecológica, por lo que queda en manos de los propios empleados intentar minimizar el consumo energético.

2.3.2 Las 5 Fuerzas de Porter

Michael Porter desarrolló este modelo de análisis del grado de competencia de una industria a finales de la década de los 70. Según (Porter, 1979), los diferentes factores influyen sobre un sector, y detalla cómo se deberían tener en cuenta dichos factores para elaborar una estrategia de negocio. Para ello, Porter define cinco características a analizar, a las que denomina fuerzas, las cuales sirven para evaluar como de competitivo es un sector determinado en base a la influencia que dichas fuerzas ejercen sobre él. Tal y como define el autor, “la fuerza colectiva de estas fuerzas, determina el potencial nivel de beneficio de la industria”²



Ilustración 2. Representación de las fuerzas que influyen en una industria (Porter, 1979)

Es por tanto una forma de analizar el entorno competitivo de una empresa, teniendo un conocimiento mucho más exhaustivo del mercado en el que se mueve, lo que a su vez permitirá poder desarrollar estrategias específicas mucho más ajustadas a lo que la compañía requiere.

¹ (Lecea, 2012)

² (Porter, 1979)

- **Amenaza de nuevos competidores:** al ser un mercado poco tecnológico y con un margen de crecimiento reducido, parece que la amenaza de nuevos competidores no es un gran problema para Tecnistage. No obstante, en los últimos años si han aparecido algunas empresas, las cuales tienen características comunes y que sí suponen una amenaza.
 - La primera amenaza de nuevos competidores ha surgido a raíz de que originariamente las empresas del sector eran pequeñas industrias familiares que se habían especializado en esta industria. Normalmente eran talleres artesanales reconvertidos a este sector utilizando parte de la maquinaria ya existente, con las que ensamblaban sencillos modelos de torres elevadoras, que poco a poco iban mejorando y añadiendo accesorios en base a la experiencia obtenida y el feedback de los clientes. Para mejorar su posición en la industria y poder dar un salto cualitativo, algunas de estas empresas empezaron a contratar a personal cualificado, ingenieros de diseño e industriales para que les ayudasen a mejorar sus diseños y a optimizar sus procesos. Con el paso del tiempo, algunos de estos ingenieros se pusieron en con sus homólogos de otras compañías para separarse de las mismas y montar empresas independientes, más profesionalizadas y centradas en obtener beneficios optimizando la producción y no las ventas. Hasta hace unos años, la empresa dominante en el sector era la formada por un grupo de ingenieros salidos de otras empresas del sector, la cual lideraba la industria en el desarrollo de soluciones y procesos de fabricación.

Por lo tanto, una de las amenazas que sufren las empresas del sector, es que parte de su personal cualificado abandone la compañía con el know-how adquirido, para comenzar una empresa por su cuenta, lo cual como se verá en el punto de las barreras de entrada, es algo relativamente factible.

- En segundo lugar, desde hace unos años algunas empresas asiáticas se interesaron en el sector, principalmente debido al auge del ocio y de los espectáculos en dicha zona. Es por ello por lo que se formaron grandes compañías como Global Truss, las cuales tienen fábricas en China dedicadas a la fabricación en serie de trusses. Como se verá más adelante, los trusses son uno de los productos principales de Tecnistage, y debido al hecho de que los trusses son muy difíciles de soldar y lentos de fabricar, la compañía decidió asociarse con Global Truss para la distribución de sus trusses y únicamente fabricar ciertos trusses específicos o accesorios compatibles para esos trusses importados.

Por este motivo, la entrada de grandes grupos industriales puede desestabilizar el sector, aunque para productos como las torres elevadoras, productos caros, de mucho peso, y de fabricación muy manual (difícil de automatizar), estas grandes compañías no tienen tanto interés.

- Otra de las amenazas es la nula diferenciación existente entre productos de las diferentes compañías existentes. Este hecho hace que todas ellas sean vulnerables ante la entrada de una empresa con ideas nuevas, que aporte innovación al sector.
- Las bajas barreras de entrada al mercado hacen que todas las amenazas anteriores sean aún más importantes. Debido a que el conocimiento necesario establecer una compañía rival es limitado, una vez desarrollados los planos para

la fabricación de los productos (principalmente torres elevadoras y sus accesorios), simplemente habría que decidir entre las siguientes opciones:

- Si la fabricación se haría en la propia empresa, es decir, si se compraría la maquinaria necesaria para realizar los mecanizados requeridos, lo cual requeriría una inversión inicial alta, y unos 5 operarios más.
- O si bien se establecerían acuerdos con empresas de corte láser para el suministro de esas piezas, dedicándose únicamente al ensamblaje y distribución de estas. Esto simplificaría el proceso y reduciría los costes fijos.

En ambas situaciones sería necesario contar con personal cualificado en el departamento de producción, tanto para el diseño de los productos como para el control de los procesos y la realización de tareas de mejora continua en la planta. También sería necesario contar con personal dedicado a las ventas y el marketing, a ser posible con experiencia en el sector.

No existen economías de escala, ni sistemas de integración vertical dentro de Tecnistage, ni en ninguno de sus competidores actuales, por lo que se puede concluir con todo lo visto anteriormente, que es un sector con un riesgo medio-alto de entrada de nuevos competidores.

- **Poder de negociación de los clientes:** en este sector los clientes dependen mucho de los fabricantes, ya que hay muy pocas empresas que se dediquen a producir este tipo de productos. Además, la venta es directa, o a través de distribuidores exclusivos que dependen de los fabricantes, por lo que no existen grandes descuentos ni posibilidad de encontrar ofertas. Tampoco es posible encontrar productos sustitutivos, ya que, si un cliente necesita montar un escenario para realizar un espectáculo, necesitará alguno de los productos que ofrece Tecnistage (así como sus competidores). A pesar de lo anterior, existen tres tipos de clientes muy diferenciados, los cuales tienen poderes de negociación muy distintos, por lo que es necesario definirlo para cada uno de los casos.
 - Los clásicos clientes de esta industria son empresas más pequeñas que se dedican al montaje de los escenarios para la realización de espectáculos. Estas empresas apenas tienen poder de negociación, ya que son pequeñas y hay muchas.
 - El segundo tipo de cliente principal que tienen las empresas del sector, son otras empresas de distribución de elementos de standing, más grandes que ellas pero que no son fabricantes. Muchas de estas empresas como la holandesa Highlite, se dedican a la venta de todos los componentes necesarios para la realización de eventos y conciertos. Es decir, no diseñan las estructuras complejas, ni realizan trabajos personalizados, pero pueden incluir todo el material necesario del tipo de pantallas, altavoces, y demás accesorios necesarios para el evento, incluyendo torres elevadoras. Estas empresas no son distribuidoras, si no que comercializan productos comprados a los fabricantes como Tecnistage, pero bajo su propia marca. Para ello los fabricantes suelen realizar líneas de productos específicas, con ciertas diferencias en el caso de que las dos compañías compartan alguno de los mercados. Este tipo de clientes, sí que tiene un mayor poder de negociación, ya que compra volúmenes muy altos y suponen un gran porcentaje de las ventas totales anuales.
 - Finalmente, el tercer grupo de clientes son los clientes de grandes cadenas de distribución de ropa o tecnología, con tiendas de venta al público. Como se ha explicado anteriormente, clientes como Inditex requieren algunos de sus

productos para la realización de algunas presentaciones o decoraciones en sus tiendas. Debido al gran tamaño de estas empresas, y sobre todo al potencial volumen de negocio disponible en el caso de que decidan renovar la imagen de sus tiendas contando con este tipo de productos, estas disponen de un gran poder de negociación. Además, estas empresas no necesitan los productos para su modelo de negocio, simplemente los utilizan como parte de la decoración para sus tiendas, por lo que pueden encontrar productos sustitutos con mucha facilidad.

- **Poder de negociación de los proveedores:** de nuevo aquí hay que hacer una distinción entre los dos tipos principales de proveedores de los que disponen las empresas del sector.
 - Por un lado, las empresas que suministran materiales a las empresas del sector tienen un gran poder de negociación. Al ser un sector tan pequeño, y que utiliza principalmente barras de hierro y aluminio en crudo para la elaboración de las torres elevadoras, accesorios y trusses, el volumen que supone para los proveedores es minúsculo en comparación a otros sectores. Empresas como ArcelorMittal disponen de un gran poder de negociación. Además, no suele haber muchos proveedores de materias primas, por lo que normalmente las empresas del sector tienden a elegir proveedores lo más cercanos posibles para maximizar su flexibilidad productiva.
 - En segundo lugar, los proveedores de servicios tales como el pintado y el cincado, o los suministros de consumibles, tienen un poder menor de negociación. Esto se debe a que son empresas normalmente más pequeñas, las cuales, sobre todo en el caso del pintado y el cincado, son vulnerables a que Tecnistage pueda desarrollar esas actividades por su cuenta, debido a que no sería necesaria una gran inversión y además tendrían múltiples ventajas en cuanto a control de calidad y flexibilidad en la producción. En el caso de los suministradores de consumibles, la gran disponibilidad de empresas proveedoras de esos productos, hace que tampoco tengan un gran poder de negociación.

- **Amenaza de productos sustitutos:** no existen productos sustitutos que puedan realizar las funciones de los productos que ofrece la compañía analizada. Si una empresa u organización decide montar un espectáculo y requiere de un escenario, así como los accesorios necesarios para elevar la instalación del sistema de luces y sonido, así como el escenario y otros componentes, deben acudir a Tecnistage o a alguna de las empresas del sector a comprar sus productos. En cuanto a los clientes que utilizan los trusses a modo de decoración para el interior o el exterior de sus tiendas, estos tienen mayor poder de decisión ya que pueden utilizar otros productos o accesorios para esas funciones. Más allá de productos sustitutos, una innovación que podría amenazar a Tecnistage sería aparición de nuevas formas de fabricación tales como la impresión 3D la cual ofrecería productos similares en cuanto a características y morfología, pero muy distintos en coste y peso. Además, agilizaría los tiempos de fabricación suponiendo un punto de ruptura con lo establecido en la actualidad.

- **Rivalidad entre los competidores:** la rivalidad entre los competidores es una fuerza importante en el sector, debido al considerable número de competidores que existen, teniendo en cuenta que el volumen de negocio no es muy grande. Además, estos competidores suelen establecerse relativamente cerca geográficamente, no formando clústeres, ya que no tienen esa intención y son rivales directos, pero si en la misma provincia. De hecho, en Valencia existen seis empresas dedicadas al sector. Esto se justifica por lo explicado en el punto de nuevos competidores, puesto que, de una empresa original, algunos de los empleados fueron abandonando dicha empresa para fundar nuevas, debido a las bajas barreras de entrada al sector. Además, al ser empresas eminentemente dirigidas y gestionadas por personal proveniente de departamentos comerciales, son empresas muy competitivas en busca de oportunidades de negocio, dejando el apartado técnico de lado. Esto hace que compitan todas ellas por objetivos muy similares.

2.3.3 Análisis DAFO

El objetivo del análisis DAFO es distinguir los diferentes factores que afectan a una empresa en la búsqueda de sus objetivos. Este análisis se hace en dos grandes categorías. Las internas son las fortalezas y las debilidades, y las externas las oportunidades y las amenazas.³

- **Debilidades:**
 - Dependencia de un nivel de ventas muy alto, que permita soportar los elevados costes productivos derivados de una baja inversión en personal cualificado y en el desarrollo de procesos productivos adecuados.
 - Poca diferenciación: los productos desarrollados por Tecnistage apenas tienen diferencias con respecto a los productos de la competencia. A excepción de los modelos de torres elevadoras más grandes y avanzados, los cuales suponen apenas unas 4 ventas al año, el resto de los modelos no se diferencian en sus características técnicas de los de la competencia.
 - Bajo nivel organizativo: dentro de la empresa existen diferentes departamentos, pero al final todo gira en torno a las ventas. Es por ello por lo que, al mezclar los roles de dirección, ventas y producción, la gerencia de la compañía cambia el orden de la producción de manera arbitraria, sacrificando eficiencia y productividad.
 - Poca profesionalización: Tecnistage dispone de muy poco personal cualificado, ya sea en puestos de dirección, diseño del producto, o en la planta productiva. Es por ello por lo que la empresa tiende a quedarse en una situación estable, buscando el incremento de beneficios únicamente a partir de la mejora en el número de ventas.
 - Dificultad para crecer en el mercado: la cartera de clientes de la que dispone la empresa es limitada, y al ofertar sus productos a un público profesional, es difícil hacer campañas de publicidad efectivas. Además, el modelo de negocio de la fabricación de material para escenarios depende directamente de que otras organizaciones o empresas realicen eventos o actuaciones, por lo que con su estrategia actual es muy difícil ampliar el negocio.

³ (Ashutosh, Sharma, & Ahmad Beg, 2019)

- **Amenazas:**

- La incertidumbre de la situación actual provocada por la pandemia de la Covid-19, es la mayor amenaza para la empresa. El sector del ocio y del espectáculo, del que se nutre la mayor parte de los clientes de Tecnistage, está totalmente bloqueado debido a las restricciones impuestas por los gobiernos de los distintos países para poder combatir la enfermedad. Es por ello que, teniendo un escenario tan incierto, los clientes de la compañía no van a realizar ampliaciones en sus equipos destinados a actuaciones, ya que tratarán de alargar al máximo la vida útil de los equipos actuales.
- Poca innovación tecnológica en sus productos: Tecnistage no tiene como prioridad mejorar sus productos de manera sistemática. En su defecto, prefieren esperar a que los clientes les pidan nuevas necesidades que no pueden ser satisfechas con sus productos actuales, para entonces intentar buscar soluciones con mejoras incrementales. Solo en casos extremos se realizan desarrollos de nuevos productos, principalmente cuando alguno de los competidores presenta una novedad que sí que suponga un avance para la industria.
- Poca innovación tecnológica en su planta productiva: la empresa no está destinando de manera regular una parte de sus beneficios a la reinversión en la empresa. Es por ello por lo que, a pesar de tener un equipamiento adecuado en la actualidad, este equipo no está aprovechado al máximo ya que no se está explotando todo su potencial debido a la poca inversión realizada en la gestión de la producción. La falta de personal cualificado y de un departamento de producción bien gestionado, de nuevo es clave en este aspecto.
- Vulnerabilidad en la entrada de nuevos competidores: como se ha visto anteriormente en el análisis de las fuerzas de Porter, no hay grandes barreras de entrada al sector más allá de la inversión inicial. Alguna empresa o grupo de inversores con el capital necesario, podría contratar al personal cualificado o con experiencia en empresas anteriores para entrar en la industria sin demasiados problemas.

- **Fortalezas:**

- A pesar de no tener un proceso productivo definido y estandarizado, Tecnistage consigue realizar productos de mejor calidad que sus competidores. Esto se debe a que cuenta con algunos operarios de producción muy experimentados en el sector, ubicados además en las zonas más importantes de la cadena productiva.
- Tecnistage tiene entre su cartera de clientes a grandes marcas y compañías fuera del sector del espectáculo, tales como El Corte Inglés o Inditex entre otros, los cuales le permiten diversificar sus potenciales ingresos.
- Otra clara fortaleza de la empresa es el proceso de cambio cultural en el que se encuentra la organización. La gerencia se ha dado cuenta de que la compañía debe organizarse de una manera más estructurada, y para ello ha iniciado este proyecto. Muchas otras empresas del sector no tienen previsto hacer ningún cambio en sus operaciones, pero Tecnistage está destinando una parte importante de sus beneficios en realizar las mejoras necesarias.
- La planta productiva cuenta con toda la maquinaria y equipamiento necesario para realizar casi todos los productos que comercializa la empresa, partiendo

únicamente de la materia prima en crudo. Esto genera una gran flexibilidad que es necesario aprovechar de manera eficiente.

- Reconocimiento de la marca. Están establecidos en el sector y tienen cierto renombre incluso a nivel internacional, colaborando incluso en la realización de eventos como grandes premios de Fórmula 1 en países asiáticos, proporcionando equipamiento para la elevación de los sistemas de iluminación y sonido necesarios.

- **Oportunidades:**

- La realización del proyecto de realización de mejoras en los procesos productivos, definición y estandarización de las tareas, e implementación de un software ERP, permitirá que la organización pueda disponer de las herramientas necesarias para utilizar los nuevos datos obtenidos para mejorar la situación competitiva de la compañía. Hasta ahora solamente se ha utilizado la experiencia para la toma de decisiones, por lo que contar con datos reales y con el personal necesario para interpretarlos, puede marcar la diferencia.
- La nave donde se ubica la sede de Tecnistage, pese a tener espacio suficiente, no dispone de zona de pintado y cincado. Esto se debe a que la parcela exterior que hay en la zona trasera del edificio, no está habilitada para ello. La compañía está estudiando la realización de un proyecto para edificar parte de esa parcela, permitiendo centralizar todos los procesos en la misma Factoría. Esto se debe principalmente a los problemas de calidad que suceden con los acabados finales, y pese a los intentos de buscar nuevos proveedores, todos los proveedores de la zona han mostrado problemáticas similares. La inversión necesaria no sería muy alta, y permitiría aprovechar un espacio que ahora mismo no puede ser utilizado, incluyendo además un almacén de producto terminado para los productos de importación, los cuales llegan desde China y tienen una rotación de inventario muy baja, permaneciendo meses en el almacén.
- Renovación en la dirección de la empresa. Una de las grandes oportunidades que tiene la empresa, es conseguir contratar a un gerente con experiencia en este tipo de situaciones de expansión en empresas productivas, de manera que los propietarios pudieran centrarse en la parte más comercial, la cual es su especialidad. Esto permitiría la toma de decisiones con una vista más general y racional, pero obligaría a los propietarios a delegar ciertas decisiones en esta persona o grupo de personas.
- Contratación de personal cualificado. Siguiendo con el punto anterior, la empresa funcionaría de una manera mucho más eficiente si se contratase personal cualificado y experimentado para ponerla al frente de ciertas áreas claves para la expansión de la compañía.

En la siguiente tabla se muestra el cuadro resumen del DAFO:

<p><u>DEBILIDADES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Dependencia de un nivel muy alto de ventas para generar beneficio • Nivel de diferenciación reducido • Bajo nivel organizativo • Escasa profesionalización • Mercado potencial limitado 	<p><u>AMENAZAS:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • COVID-19 • Innovación tecnológica insuficiente • Pocas barreras de entrada al sector
<p><u>FORTALEZAS:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Productos de calidad • Buenos clientes • Cambio cultural • Planta productiva equipada • Reconocimiento de la marca 	<p><u>OPORTUNIDADES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis nuevos datos ERP • Ampliación factoría • Renovación directiva • Contratación personal cualificado

Ilustración 3. Resumen DAFO

2.3.4 Análisis CAME

Tras revisar los principales escollos que puede tener la empresa para lograr sus objetivos, se puede realizar un análisis CAME para buscar soluciones o alternativas a dichos problemas.

- **Corregir:**
 - Reestructurar organización: Tecnistage debe realizar una reestructuración para lograr el objetivo que persiguen los propietarios. Para que esta compañía pueda crecer de una manera sostenible, debe contar con personal cualificado al frente, por lo que es necesario lograr atraer a dicho personal. La gerencia debe comprender que es necesario delegar ciertas decisiones en los empleados, para así poder centrarse en maximizar sus ventajas competitivas.
 - Crear y definir los procesos de trabajo: no existe una cultura industrial en la empresa, ya que siempre se ha trabajado con la mentalidad de un taller artesanal. Es por ello por lo que se necesitan definir los procesos para elaborar un método de trabajo que pueda ser sostenible en el tiempo, y replicable a pesar de que exista movilidad de empleados.
 - Realizar previsiones de ventas para poder realizar una planificación de compra de materia prima y sobre todo de producto final importado. En la actualidad las compras de producto terminado listo para distribuir se realizan desde el departamento de compras, sin tener en cuenta las necesidades, ya que se compra con meses de antelación. Del mismo modo, el departamento de compras también realiza los pedidos semanales de materia prima, en base a lo que demanda el jefe de taller, de nuevo sin tener en cuenta las necesidades de los clientes. Es necesario que el departamento de ventas realice una cierta previsión y que sea puesta en común con los otros departamentos.
 - Relacionado con el punto anterior, en la actualidad los departamentos no se comunican entre ellos, ya que toda gira en torno a lo que la dirección de la empresa decide, y puede cambiar todo en el último momento. Es por eso por lo

que es necesario realizar reuniones diarias, donde los responsables de los departamentos principales puedan comunicarse de una manera ágil y eficaz.

- Tecnistage debe corregir su sistema de producción. En la actualidad, producen en lotes de tamaño arbitrario, a veces muy grande, a veces muy pequeño, basado totalmente en la experiencia de los operarios. Esto genera descuadres y desperdicios, por lo que la organización debe corregir esto, moviéndose hacia un sistema de fabricación en donde se produzcan las cantidades necesarias en el momento necesario.
- **Afrontar:**
 - Como se ha descrito anteriormente, es necesario que la empresa afronte un cambio en su cultura empresarial, realizando cambios en su organigrama y en su modelo de trabajo. Para poder dar el salto cualitativo que buscan los propietarios, estos deben de entender que deben contratar personal especializado y cualificado en el que poder delegar parte de las funciones que realizan ellos actualmente. Si no lo hacen, no podrán lograr dichos objetivos, para los cuales han realizado fuertes inversiones en el pasado, contratando los servicios de diversas consultoras de ingeniería para dar un nuevo impulso al proyecto.
- **Mantener:**
 - Tecnistage debe de mantener el buen nivel de servicio y trato al cliente, ya que esta es la principal ventaja competitiva de la que dispone. En la actualidad, tratan de dar absoluta prioridad a los pedidos de los clientes con una mayor urgencia, y de determinados clientes, normalmente clientes vinculados directamente con los responsables de ventas. Esta distinción arbitraria entre clientes hace que algunos pedidos anteriores se retrasen por realizar ventas o alcanzar acuerdos con compromisos de tiempo muy restrictivos, sin consultar previamente la disponibilidad de la fábrica. Es por ello por lo que uno de los objetivos del proyecto debe ser el de lograr mantener ese nivel de servicio al cliente, con una entrega más rápida que en los casos de la competencia, pero sin retrasar otros encargos previos, o realizar cambios en la producción planificada en el horizonte congelado (al menos sin consultar al responsable de producción).
 - también deben mantener el buen nivel de calidad general obtenida en sus productos, tanto a nivel estético como a nivel funcional, aunque sin dejar de buscar mejoras y tratando siempre de optimizar sus productos. Para ello es necesario que la empresa invierta en cierta formación para sus empleados, sobre todo para aquellos que trabajan con máquinas sofisticadas y complejas, con una gran utilidad como son las máquinas CNC. Es importante que se aprovechen al máximo todas las posibilidades de esas máquinas, por lo que los empleados deben de conocerlas a la perfección. De este modo, los operarios podrán realizar ajustes, mantenimientos e incluso pequeñas reparaciones sin tener que contactar con los técnicos de la máquina, ahorrando tiempo y dinero a la empresa.

- **Explotar:**
 - Es necesario que el departamento de diseño de Tecnistage tenga cierta libertad para poder realizar nuevos proyectos e incluso investigar en las posibilidades que ofrecen los nuevos materiales o las tecnologías disponibles más actuales. Avances como la impresión en 3D debe ser seguida de cerca, ya que podrían utilizarlo de manera bastante sencilla para la creación de repuestos, tales como ciertas piezas plásticas, o incluso nuevos accesorios con nuevas funciones. Además, esto haría que su personal estuviera muy familiarizado con esta tecnología, abriendo la posibilidad al uso de esta para la producción de productos metálicos mucho más complejos cuando sea factible.

El análisis CAME pone fin al estudio del entorno de la empresa. Esto permite que se haya alcanzado un grado de comprensión tanto del contexto como de la situación actual de la empresa, que permita comenzar a proponer y desarrollar mejoras, que realmente supongan claros beneficios para la empresa.

A partir de este punto se desarrollarán diferentes propuestas y soluciones en un entorno completamente real. Esto ha supuesto una dificultad para la consecución de este trabajo académico, ya que algunos conceptos han sido difíciles de trasladar a una situación real, específicamente en un caso tan libre como este, en el cual no había datos previos de ningún tipo.

3. Análisis situación actual

3.1 Productos

Tecnistage tiene principalmente tres líneas de negocio muy claras, en las que se utilizan los diferentes productos que comercializan. Las torres elevadoras son el producto estrella de la compañía, y el factor diferencial de la empresa. Estos productos son muy complejos y se fabrican íntegramente en la planta de la que dispone la compañía.

En segundo lugar, los trusses, los cuales son estructuras de aluminio que se utilizan para formar estructuras mayores uniéndolos entre sí para colocar equipos de sonido o sistemas de iluminación, son otro de los productos clave de la compañía. Estos tienen un buen nivel de beneficio por unidad vendida y además también se utilizan como elementos decorativos. Es por ello por lo que empresas como Inditex o El Corte Ingles, han comprado productos de esta categoría para diseñar algunas de sus nuevas tiendas, utilizándolos para colocar su sistema de iluminación o carteles o imágenes publicitarias.



Ilustración 4. Ejemplo utilización trusses para cartel publicitario.⁴

Estos productos tienen una peculiaridad, y es que la empresa además de fabricarlos también distribuye los trusses de Global Truss. Los trusses tienen cotas idénticas, y los accesorios son totalmente compatibles. De este modo, en España y Portugal, Tecnistage distribuye de forma oficial los trusses de Global Truss, pero para el resto del mundo comercializa los de su propia marca. También para ciertos proyectos la empresa realiza trusses con medidas especiales, por lo que estos también se fabrican en la propia planta.

Finalmente, la última línea de negocio es la de la realización de estructuras integrales para escenarios. Aquí se trabaja junto con el departamento de diseño para ofrecer soluciones integrales totalmente personalizadas, utilizando parte de los productos ya existentes, y creando estructuras mediante trusses y tarimas a medida.

Una vez presentados los productos, a continuación, se detallarán las distintas gamas de productos que ofrece la empresa.

⁴ (Audiovias)

3.1.1 Torres elevadoras

Son el producto estrella de la compañía, ya que es el producto en el que más pueden diferenciarse de la competencia por la calidad de sus acabados y materiales. Estas torres están divididas en cuatro familias, las cuales tienen características muy particulares que hacen que sus funciones sean distintas. Según las necesidades de cada cliente, se le ofrecerá aquella torre que mejor se adapte a sus requerimientos.

De las cuatro familias existentes, se diferencian entre las dos primeras que son torres telescópicas de carga superior y fabricadas en acero, y las otras dos familias de torres, las cuales son de carga frontal y fabricadas en aluminio.

La principal diferencia entre los modelos de carga superior y los de carga frontal, es que los segundos son capaces de elevar una carga desde el nivel del suelo, haciendo mucho más fácil el proceso de montaje, y permitiendo a su vez elevar objetos de masa elevada. No obstante, estas torres son más grandes, y pesadas, lo que las hace difíciles de transportar, y junto a su mayor precio, no siempre son la mejor solución.

Estas torres necesitan una serie de accesorios adaptados a cada uno de los múltiples usos que se les puede dar.

a) Odín

La familia de torres elevadoras de carga superior Odín, está formada por dos torres. Esta gama es la más económica y sencilla del catálogo, y en su versión superior es de las más vendidas.

Las torres elevadoras de la familia Odín se caracterizan por ser ligeras y muy manejables. A diferencia de las otras gamas, estas torres pueden ser transportadas y montadas por una sola persona. Esta gama se compone de dos modelos:

- Odín 80

La torre elevadora más económica que ofrece la compañía permite elevar cargas hasta tres metros de altura, con una capacidad de carga máxima de 80kg. Son fabricadas en acero y se ofrecen únicamente en color negro. A pesar de ser la más económica, tiene un proceso de fabricación bastante singular, pues para lograr un diseño que sea ligero y compacto, gran parte de los mecanizados no pueden ser realizados por las máquinas CNC de la competencia, teniendo que acudir al proveedor especialista en corte láser de la compañía. Además, las soldaduras necesarias para la construcción son muy delicadas, lo que limita mucho la producción al poder hacerse únicamente por uno de los tres soldadores de la compañía. Su concepción, en la que se ha primado la ligereza pesando únicamente 16kg, hace que únicamente puedan acoplarse ciertos accesorios, y está diseñada para usos profesionales ligeros u ocasionales, pues su resistencia puede verse comprometida en usos muy intensivos.

- Odín Pro

Esta torre mantiene el diseño de la torre anterior, pero se recurre al uso de una barra de más más gruesa, y a unas patas más largas. También incluye un accesorio que permite aumentar la altura máxima de la torre hasta los cuatro metros, mientras que la capacidad de carga alcanza los 110kg. No obstante, el peso aumenta hasta los 26kg, lo que hace ver que se han aplicado ciertos refuerzos para mejorar la consistencia de la torre. también se han incluido accesorios más resistentes, incluyendo mejoras en el cabestrante y la manivela.

Esta versión diseñada para usos totalmente profesionales sí permite el uso de la gran mayoría de accesorios para torres elevadoras de carga superior. No obstante, sigue siendo un modelo básico, por lo que suele emplearse sin accesorios.

Esta familia es la segunda más vendida, solo por detrás de la Zeus. Los clientes aprecian la facilidad de su uso y su versatilidad. Además, debido al poco volumen que ocupa y a la inclusión de una bolsa de transporte incluida en el paquete, resulta muy fácil de almacenar y de transportar a ferias y eventos a los que la empresa lleva sus productos por todo el mundo. No obstante, esta gama tiene ciertos inconvenientes para Tecnistage. En primer lugar, esta gama tiene un precio de venta accesible, ya que debido a sus características debe estar posicionada por debajo del escalón de entrada de la gama Zeus. Su ligereza y portabilidad no son suficientes como para considerar esto como un factor de compra decisivo por sí mismo, sino que es derivado de su sencillez y simpleza. Esto no sería un inconveniente si no fuese por la complejidad de fabricación que tienen estas torres. De diseño extraño y particular, no comparten con el resto de las torres más que el tamaño de ciertos perfiles, las patas, y elementos de tornillería y pletinas de o montaje. El cabestrante únicamente es compartido en la versión Odín Pro. Pero no solo estas torres utilizan muchos componentes exclusivos, si no que todas las barras que ensamblan la estructura telescópica de las torres deben ser cortadas por láser ya que las máquinas de las que disponen en la planta no son capaces de realizar esos cortes. Esto se debe a que el diseño de esta torre se planteó de forma individual y separada de las otras gamas, y con anterioridad a la actualización de la fábrica. Debido a la gran aceptación por parte de los clientes, se han mantenido en el catálogo, pero es necesario revisar su diseño, ya que además de tener que subcontratarse los cortes, las soldaduras necesarias son extremadamente complejas y lentas, pudiéndolas realizar únicamente uno de los tres soldadores disponibles. Todo ello hace que el coste de producción podría estar acercarse demasiado al precio de venta e incluso superándolo, por lo que es muy necesario revisar este apartado.



Ilustración 5. Ejemplo torre elevadora ligera estilo Odín⁵

⁵ (Stageconcepts)

En la siguiente tabla puede verse el histórico de ventas de cada una de las torres elevadoras de la familia Odín:

2018													
Producto/ MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL 2018
ODIN PRO	0	0	0	1	1	6	59	0	8	13	8	4	100
ODIN 80	0	0	0	0	0	0	24	0	0	7	4	0	35
2019													
Producto/ MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL 2019
ODIN PRO	21	8	4	3	15	6	80	28	1	10	0	6	182
ODIN 80	3	0	1	0	0	0	12	0	0	6	0	4	26

Tabla 1. Histórico ventas años 2018 y 2019 por productos familia Odín. Fuente: elaboración propia

Los datos de la tabla anterior reflejan la gran diferencia de ventas entre las dos torres que conforman la familia. La Odín 80, siendo el modelo más económico que se oferta, tiene una demanda demasiado baja. Hay que tener en cuenta que este modelo se fabrica en lotes de 10 torres, por lo que al tener tan poca demanda, y tan espaciada en el tiempo, este modelo tiene una baja rotación de stock permaneciendo en el almacén durante bastantes meses. Esta situación no es ideal y deberá ser analizada más adelante.

b) Zeus

Esta es la gama estrella de la empresa. Si bien no son las torres más capaces, ligeras o avanzadas tecnológicamente, sí que son las más versátiles y las que disponen de un mayor beneficio por unidad vendida. De hecho, son las que tienen un menor coste de fabricación, y esto se debe en gran medida a que prácticamente todos los modelos comparten los componentes esenciales como el mástil, las barras telescópicas, las bases y las patas. Además, toda la tornillería, topes, llaves y tapones son compartidos, únicamente cambian la capacidad de los cabestrantes, el número de barras telescópicas, y su grosor. Los diseños permiten alternar componentes entre las torres, pudiendo formar productos nuevos, con características propias distintas, manteniendo un número bajo de componentes totales.

Estas torres, a diferencia de la gama Odín, tiene la particularidad de que las patas son completamente extraíbles, y deben ser colocadas cada vez que se arma la torre. Por el contrario, la gama Odín extendía las patas al extender manualmente la torre.

Las características de las distintas torres que componen la familia pueden verse en la tabla inferior.

Referencia	Altura máxima	Carga máxima	Altura mínima	Peso
Z100	4m	100kg	1,66	33kg
Z125	4,5m	125kg	1,5	46kg
Z150	5,3m	150kg	1,73	48kg
Z200	6,4m	200kg	1,92	86kg
Z230	5,3m	230kg	1,82	78kg
Z300	6,1m	300kg	1,92	90kg

Tabla 2. Resumen características torres familia Zeus. Fuente elaboración propia

Aquí cabe destacar de nuevo el aspecto que se ha comentado en la familia anterior. Como puede verse, las especificaciones de las torres más sencillas de esta gama son muy similares a las de la gama Odin. Si bien es cierto que tienen características diferenciadas, y que la gama Odin es más sencilla de montar, más fácil de transportar y mucho menos versátil, ciertos modelos pueden canibalizarse.



Ilustración 6. Ejemplo torre elevadora tipo Zeus 300⁶

El problema reside en que el coste de fabricación de la gama Odin es más alto que el de los niveles más bajos de la gama Zeus. Esto se debe a un fallo grave en la concepción del porfolio de productos de la compañía, el cual, por decisión de la gerencia de Tecnistage, no se ha cambiado. Más adelante, se realizará una propuesta para solucionar esta problemática.

⁶ (Stageconcepts)

2017													
Producto/ MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL 2017
Z100	0	2	2	4	0	0	0	0	2	0	2	0	12
Z125	0	4	3	1	2	0	4	5	1	4	0	2	26
Z150	32	6	11	9	18	66	5	0	54	38	8	12	259
Z200	2	13	5	0	0	0	0	0	0	2	0	1	23
Z230	0	4	0	4	28	2	0	6	2	0	2	4	52
Z300	4	28	7	10	30	8	8	52	6	2	28	8	191
2018													
Producto/ MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE	NOV.	DIC.	TOTAL 2018
Z100	0	0	5	2	7	8	7	0	2	0	5	0	36
Z125	0	0	0	2	4	12	6	0	0	0	2	0	26
Z150	10	20	8	4	6	15	14	2	2	7	1	28	117
Z200	0	0	2	0	4	2	8	2	0	0	0	10	28
Z230	6	34	4	12	0	3	6	2	0	35	7	0	109
Z300	4	6	16	2	2	11	22	20	2	2	4	10	101
2019													
Producto/ MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE	NOV.	DIC.	TOTAL 2019
Z100	5	18	3	9	25	0	8	0	9	9	0	15	101
Z125	2	2	4	0	8	0	2	2	0	0	4	1	25
Z150	4	8	6	16	6	8	12	12	2	5	12	8	99
Z200	3	0	5	1	0	2	3	4	0	4	6	0	28
Z230	0	2	6	10	6	4	8	28	0	2	2	0	68
Z300	2	6	2	4	10	7	30	40	0	13	18	21	153

Tabla 3. Histórico ventas años 2017,2018, y 2019 por productos familia Zeus. Fuente: elaboración propia

Familia Zeus	Datos familia					
Productos	Z100	Z125	Z150	Z200	Z230	Z300
Pesos %	10,2%	5,3%	32,6%	5,5%	15,8%	30,5%

Tabla 4. Porcentaje ventas por productos familia Zeus. Fuente: elaboración propia

Los datos del histórico de ventas corroboran la importancia que tiene para la gerencia esta familia. Es importante destacar que, hasta el comienzo del proyecto, Tecnistage ni siquiera analizaba los históricos de ventas, por lo que se guiaba totalmente por la experiencia de la gerente a la hora de planificar ciertas operaciones. Puede verse que tanto el modelo Z300 como el Z150 consiguen más del 60% de las ventas. Es importante destacar para el análisis posterior, que si bien los modelos Z200, Z230 y Z300 comparten casi todas las barras telescópicas, mástiles, y bases, no sucede lo mismo con los otros modelos. Es decir, habría que analizar si los modelos Z125 y Z100, los cuales suponen únicamente el 15,5% de las ventas de la familia, tienen cabida en la gama actual, ya que como se puede ver con las especificaciones técnicas, no existen grandes diferencias entre ellas, y tampoco con la torre Odin Pro.

c) HL

Esta familia de torres se produce por encargo para los diferentes distribuidores extranjeros de equipos de sonido y demás componentes y estructuras necesarias para la realización de eventos y conciertos, los cuales venden estos productos bajo su propia marca. Las torres HL, están basadas en la familia Zeus, compartiendo características técnicas y gran parte de los semielaborados de producción propia. Las principales diferencias están en la parte final del montaje, en las que se incorporan elementos de menor calidad, y también en las bases, las cuales no tienen la misma tecnología de montaje rápido para las patas que ofrecen las torres de la familia Zeus.

No obstante, en esta gama se prescinde de las torres más pequeñas, centrándose en las que tienen más elementos comunes, es decir, las Z200, Z230, y Z300, incluyendo también una versión de la Z150, que como se ha visto anteriormente es la torre más vendida de Tecnistage.

2017													
Producto/ MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL 2017
HL-150	0	15	2	0	6	0	18	0	6	0	0	0	47
HL-200	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	10	18
HL-230	10	0	10	0	10	0	12	0	0	10	10	10	72
HL-300	0	12	10	0	12	0	32	0	0	0	0	0	66
2018													
Producto/ MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL 2018
HL-150	0	0	10	0	6	0	14	0	0	16	6	0	52
HL-200	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10
HL-230	0	0	10	0	0	0	30	0	0	10	10	0	60
HL-300	10	0	6	0	12	0	30	0	0	6	4	0	68
2019													
Producto/ MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL 2019
HL-150	16	0	0	2	10	8	16	0	8	10	10	0	80
HL-200	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	20
HL-230	0	0	12	10	0	0	12	0	22	0	10	0	66
HL-300	2	0	10	12	0	10	12	10	4	11	0	0	71

Tabla 5. Histórico ventas años 2017,2018, y 2019 por productos familia HL. Fuente: elaboración propia

Puede verse que para los clientes internacionales que renombran estas torres para comercializarlas bajo su propia marca, los intereses son muy similares a los de los clientes de Tecnistage, ya que el reparto de las ventas entre las torres es similar. No obstante, la torre HL-230, tiene un pico de ventas respecto la Z230, teniendo en cuenta que salvo en el año 2018, el resto de los años esta última no se ha vendido demasiado bien.

Esta línea de negocio, a pesar de no mejorar la imagen de la compañía y generar nuevas ventas al ser productos renombrados, es muy beneficiosa para la misma, ya que tienen un volumen de ventas bastante alto. Además, permite aprovechar moldes empleados para la fabricación de semielaborados y las soldaduras realizadas para la familia Zeus en versiones anteriores, que, al ser más sencillas, permiten menores costes de producción.

d) Vulcano

Estas torres de carga frontal permiten elevar grandes cargas sin realizar esfuerzos, ya que pueden coger dichas cargas desde el nivel del suelo. Esto es una gran mejora respecto las torres de carga superior, las cuales requieren elevar la carga hasta la parte superior del mástil de la torre.

Las Vulcano están compuestas por una base de acero de alta resistencia y gran peso, unida a una estructura de perfiles de aluminio, colocados de forma que permitan una extensión telescópica de la torre. Están diseñadas para elevar grandes cargas a una gran altura, y se utilizan principalmente para elevar sistemas de line array, trusses y pantallas LED.



Ilustración 7. Ejemplo torre elevadora tipo Vulcano

Estas torres junto con la torre Thor, disponen de una gama de accesorios especialmente diseñada para sus sistemas de carga frontal.

La torre elevadora Vulcano, es capaz de elevar cargas de hasta 250kg a una altura de 5 metros, siendo este el factor diferencial de estos modelos de carga frontal, en comparación con los de carga superior. El uso de estructuras de aluminio en las barras que se utilizan para elevar la carga permite reducir el porcentaje de masa suspendida y bajar el centro de masas de la torre.

Por otra parte, el coste de este modelo es mucho más elevado que el de los modelos superiores de la gama Zeus. No obstante, aquí está mucho mejor justificado y cuando el cliente tiene estas necesidades, la gama Zeus no es suficiente.

2017													
Producto/ MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL 2017
VULCANO	8	1	0	6	2	2	2	5	2	2	12	13	55
2018													
Producto/ MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL 2018
VULCANO	4	0	2	0	20	22	8	8	0	0	0	10	74
2019													
Producto/ MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL 2019
VULCANO	2	12	7	8	18	9	34	6	2	8	2	8	116

Tabla 6. Histórico ventas años 2017,2018, y 2019 por productos familia Vulcano. Fuente: elaboración propia

Esta familia, introducida a principios de 2017, es junto con la Z150 y la Z300 una de las torres más importantes de la compañía. Puede observarse como han ido creciendo las ventas, fruto de una gran aceptación por el mercado al ser una torre muy innovadora en su momento. Las torres de carga frontal están siendo cada vez más demandadas, y la torre Vulcano ofrece versatilidad y capacidad de carga con un nivel de calidad-precio muy alto.

e) Thor

Este modelo es la verdadera punta de lanza de la compañía. A pesar de que sus ventas son realmente reducidas, es el modelo más vanguardista del que disponen y es el único modelo del que su competencia directa en España no ofrece un producto similar. Compuesto por una base de acero de alta resistencia, y un sistema de perfiles de aluminio colocados formando una estructura telescópica del mismo modo que en el modelo Vulcano, su gran tamaño permite elevar hasta 8 metros de altura cargas muy pesadas de hasta 500kg. Para ello, incorpora toda una serie de refuerzos en el chasis, así como sistemas de seguridad especiales como argollas para anclar la torre o gatillos de alta seguridad. también incluye un cabestrante de doble manivela para minimizar los esfuerzos al levantar cargas pesadas. Como en el caso anterior, se utiliza principalmente para la elevación de sistemas de line array, estructuras de trusses de gran tamaño y pantallas LED.

2017													
Producto/ MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL 2017
THOR	2	2	0	8	4	6	4	2	8	4	0	24	64
2018													
Producto/ MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL 2018
THOR	14	8	0	4	2	4	12	2	0	0	0	6	52
2019													
Producto/ MES	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL 2019
THOR	0	0	0	7	0	0	8	2	0	0	6	0	23

Tabla 7. Histórico ventas años 2017,2018, y 2019 por productos familia Thor. Fuente: elaboración propia

En el caso de la torre Thor, puede verse el caso contrario al de la Vulcano. Lanzada al mercado hace más de 7 años y revolucionaria en su día, esta torre el uso de esta torre actualmente ha quedado reducido a casos muy concretos de clientes con unas necesidades de capacidad de carga y altura excepcionales. Se observa que, para la mayoría de los usos, la torre Vulcano es más que suficiente, teniendo un coste menor y ocupando un menor espacio. Esto es muy importante, ya que estas torres elevadoras viajan dentro de camiones junto con el resto del equipamiento necesario para levantar estructuras para conciertos y eventos, por lo que el volumen de la torre es importante. No obstante, es importante mantener este modelo en el catálogo, ya que ofrece una solución a aquellos clientes que tienen otras necesidades, los cuales normalmente recurren a este modelo para proyectos especiales.



Ilustración 8. Ejemplo torre elevadora tipo Thor

Finalmente, analizando los datos de los históricos, puede observarse que hay una gran estacionalidad en la demanda. Principalmente, esta demanda se focaliza en el mes de julio, pero puede verse que en los meses previos a ciertos eventos o épocas del año en la que se realizan más actividades al aire libre, como conciertos o actuaciones. La previa al verano en el mes de julio es un caso muy claro, pero en diciembre también puede verse un cierto incremento, que baja en enero, y vuelve a subir en marzo coincidiendo con las fallas. De nuevo hay que destacar que Tecnistage únicamente ha podido proporcionar datos de las ventas de los últimos tres años, por lo que no son suficientes para extraer análisis más avanzados, teniendo en cuenta la poca muestra que ofrecen los bajos niveles de ventas totales.

2017	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
	58	87	50	42	112	84	93	70	81	62	62	84	TOTAL 2017
6,6%	9,8%	5,6%	4,7%	12,7%	9,5%	10,5%	7,9%	9,2%	7,0%	7,0%	9,5%	885	
2018	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
	48	68	63	27	64	93	240	36	14	96	51	68	TOTAL 2018
5,5%	7,8%	7,3%	3,1%	7,4%	10,7%	27,6%	4,1%	1,6%	11,1%	5,9%	7,8%	868	
2019	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
	60	66	60	82	98	54	237	132	48	88	70	63	TOTAL 2019
5,7%	6,2%	5,7%	7,8%	9,3%	5,1%	22,4%	12,5%	4,5%	8,3%	6,6%	6,0%	1058	
Total %	5,9%	7,9%	6,2%	5,4%	9,7%	8,2%	20,3%	8,5%	5,1%	8,8%	6,5%	7,6%	2811

Tabla 8. Resumen ventas totales y porcentaje sobre el total para cada mes. Fuente: elaboración propia

3.1.2 Trusses

Este producto es otra de las claves para la empresa. Los trusses son estructuras formadas por multitud de tubos de aluminio soldados, los cuales pueden tener diferentes longitudes y grosores, formando diferentes geometrías según los usos. En general, Tecnistage ofrece cuatro modelos diferentes, con múltiples opciones en cuanto a grosor y longitud. La principal diferencia entre los modelos es su geometría, pues pueden ser trusses sencillos de un único tubo, trusses paralelos, trusses triangulares o trusses cuadrados. Cada uno de ellos tiene unas características distintas, pero todos ellos disponen de un catálogo de accesorios y bases dedicados. Es importante destacar que estos productos suelen comercializarse bajo demanda, normalmente como parte de un pedido de una estructura. No obstante, también pueden comercializarse individualmente.



Ilustración 9. Ejemplo utilización trusses como estructura para photocall⁷

Estos productos se utilizan para la fijación de objetos tales como equipos de audio, sistemas de sonido, o cámaras, normalmente para usos en espectáculos o conciertos. No obstante, pueden ser utilizados en otros ámbitos como por ejemplo en estudios de grabación para albergar las cámaras de detectores de los movimientos de los trajes, como decoración en el interior de tiendas y comercios, o como sujeción de carteles publicitarios.

Además, es posible fabricar trusses curvos para clientes con necesidades muy concretas, si bien estos casos son muy puntuales por la dificultad que conllevan este tipo de estructuras.



Ilustración 10. Ejemplo utilización trusses para crear estructuras para conciertos⁸

Como se ha explicado anteriormente, Tecnistage distribuye de manera oficial en España los trusses de la empresa Global Truss, por lo que los trusses que se fabrican están destinados a la exportación o a ventas que no sean eventos o conciertos, tales como decoraciones de interior de tiendas o carteles publicitarios. también los encargos especiales pueden fabricarse específicamente para ciertos clientes.

Estos productos son muy rentables para la compañía, pues requieren de muy poca materia prima y muy pocas referencias. Una vez diseñados y fabricados los utillajes que permiten colocar

⁷ (Audiovias)

⁸ (Viada)

los tubos de la manera correcta para la soldadura, la producción de estos no es problemática. Además, al estar fabricados en aluminio, no requieren tratamientos como el cincado o la pintura, a no ser que el cliente quiera algún color en concreto.

Tal y como se ha detallado anteriormente, en la siguiente parte del trabajo académico se describirá como se ha realizado el proyecto de mejora, cuales han sido las propuestas y medidas que han podido implantarse, cuáles de ellas están programadas para su futura implantación, y cuáles son las líneas de desarrollo del proyecto para los próximos años.

Para ello, se comenzará describiendo todos los procesos que se llevan a cabo para la realización de una entrega a un cliente. Desde la recepción del pedido, hasta la expedición de este. Esto además permitirá comprender el funcionamiento de la zona de producción, la cual será uno de los puntos clave de mejora, así como el flujo del material a lo largo de la factoría desde que entra la materia prima.

Por otro lado, este análisis servirá de base para la mejora de dichos procesos, lo cual será uno de los primeros puntos a realizar, lo que permitirá al equipo comenzar a trabajar en paralelo en la implementación del ERP. Es importante destacar que, al inicio del proyecto con Tecnistage, la gerencia ya había escuchado hablar de los ERP y había tenido contacto con alguno de ellos en el pasado cuando habían contratado los servicios de una consultoría de ingeniería. Debido a que la empresa estaba dispuesta a invertir en la implementación de un software de este tipo, y querían implementarlo cuanto antes, la prioridad era definir los procesos y estandarizar las tareas, para poder analizarlas y mejorarlas antes de implementarlas en el ERP. Esto ahorraría a la compañía tener que avisar de nuevo a la empresa distribuidora del software para realizar los cambios necesarios en el ERP que reflejasen el nuevo método de trabajo al cabo de un tiempo.

3.2 Proceso de comprometer pedidos actuales

Cuando un cliente contacta con la empresa, se separa a los clientes en función del mercado internacional o nacional. Como se ha dicho anteriormente, Tecnistage cuenta con departamentos diferentes según si el cliente es nacional o internacional. Por lo general, los clientes internacionales suelen adquirir únicamente torres elevadoras, ya que los otros productos tienen costes de envío demasiado altos en relación con su valor, ya que son muy voluminosos a pesar de tener un peso contenido. Si se buscara un transporte más barato, posiblemente llegarían demasiado tarde para el cliente. Es necesario entender que los clientes que se dedican a organizar eventos y espectáculos, suelen ser clientes cuyas necesidades surgen de manera muy rápida, y requieren velocidad en el servicio. No obstante, Tecnistage no dispone de ningún tipo de procedimiento para separar o dar preferencia a ninguno de los dos tipos de clientes, más allá de la presión que pueda realizar el departamento comercial de manera arbitraria.

Una vez el cliente habla con el departamento correspondiente según su procedencia, aparecen diversos escenarios.

- **Cliente internacional:** exceptuando casos puntuales como empresas organizadoras de grandes eventos de nivel mundial, como se ha explicado anteriormente, los clientes internacionales buscan únicamente torres elevadoras y accesorios. Esto hace que sea más sencillo el trato con ellos, pues no es necesario que el departamento de diseño este al corriente de la negociación, ya que no hay que diseñar ningún escenario particular, ni realizar ningún estudio de cargas. Las torres y accesorios a la venta están completamente parametrizados, y los comerciales de la empresa son perfectamente conscientes de que producto recomendar a cada cliente en función de sus necesidades.

- **Cliente nacional/Portugal:** los clientes de la península ibérica y canarias tienen un trato distinto. Muchos de ellos son empresas organizadoras de eventos, o directamente grandes orquestas, por lo que suelen requerir no solamente las torres elevadoras, si no tarimas, escaleras, trusses, y todos los accesorios necesarios para montar un espectáculo desde cero, o los repuestos correspondientes a esos productos. Así pues, si estos clientes buscan algún tipo de estructura para diseñar un escenario personalizado, el departamento de ventas nacionales tiene que coordinarse con el de diseño para transmitir interpretar las necesidades del cliente y proponer una solución lo más rápidamente posible. Por este motivo, este tipo de encargos, a pesar de ser los más lucrativos, son los más difíciles de gestionar y los que mayores problemas generan, pues muchas veces estos proyectos no son aprobados tras realizar el estudio y haber detallado el presupuesto.

En la actualidad, Tecnistage utiliza un procedimiento similar al tradicional OPP (Order Promising) para comprometer los pedidos. Es decir, en primer lugar, se comprueba si existe stock del producto terminado solicitado suficiente en el almacén de producto terminado, y si es así, se pueden establecer las fechas de entrega en función de la disponibilidad del cliente y de la empresa de transportes correspondiente. En el caso de que no exista suficiente stock en inventario, se propone una fecha de entrega aproximada, en función de la experiencia de la gerencia para cada producto. No se tienen en cuenta los pedidos que ya hay en marcha.

Este procedimiento tiene diversos problemas. En primer lugar, al no tener un sistema informático capaz de controlar el inventario de cada producto, añadiendo las entradas desde fábrica y las salidas hacia expediciones, los departamentos comerciales de la organización deben contactar con el responsable de producción para que verifique si hay stock de producto terminado disponible para comprometer.

Si no lo hay, el departamento de ventas comunica en los casos en los que el cliente requiera un servicio más rápido, la fecha aproximada acordada, y entonces se inicia el proceso de preparación de ese pedido. En el caso de que la fecha no sea realista, surgen discrepancias entre los departamentos. El problema está en que actualmente Tecnistage todavía no tiene un control certero sobre los tiempos de los procesos, lo que da lugar a que los departamentos comerciales en ocasiones pacten tiempos demasiado cercanos.

Aquí Tecnistage tiende siempre a buscar satisfacer al mayor número de clientes, aceptando pedidos que en muchos casos obligan a retrasar ordenes de fabricación ya planificadas y en proceso, lo que genera esperas e ineficiencias en el sistema productivo. También hay que tener en cuenta que, para poder trabajar de esta manera, la gerencia tiende a aprovisionarse en exceso de materia prima, para poder satisfacer pedidos lo más rápidamente posible. Lo que unido al hecho de que el almacén de materia prima no está preparado para albergar tanto material, causa un trabajo adicional al operario de la sección de sierra para poder manejar esas materias primas.

Como se ha explicado anteriormente, Tecnistage trabaja con un enfoque Make-To-Stock. Esto tiene mucho sentido debido al escaso control sobre la producción del que disponen en la actualidad. De este modo, a partir de un gran número de componentes, semielaborados y elementos de tornillería, mediante procesos de fabricación se producen un número limitado de bienes listos para comercializarse. Esta política garantiza una protección del stock de producto terminado sin tener en cuenta las incertidumbres⁹.

Para este caso, se define el CODP, es decir el punto de desacople del cliente, justo después del ensamblaje final, cuando los productos pasan al almacén y ya están listos para comercializarse.

⁹ (Cheng & Li, 2020)

Por lo tanto, el CODP marca el punto del proceso en el que el producto se relaciona con un pedido de un cliente¹⁰.

Tecnistage intenta evitar fabricar contra pedido, a no ser que no tenga producto final disponible, lo cual sucede más de lo que debería para que este sistema funcione, ya que no tienen ningún tipo de control sobre la producción. Para este caso, en este punto de desacople se encuentra también el momento en el que se puede saber el ATP (Available-To-Promise), que es la cantidad de producto terminado disponible no comprometido con ningún cliente. No obstante, hasta este momento el dato del ATP no es utilizado por la compañía. Este concepto es muy útil para coordinar el stock y las ordenes de producción en un sistema productivo.

Su implantación tiene tres principales objetivos: mejorar el tiempo de entrega, reducir el número de pedidos cancelados por el cliente, y una mejora de los ingresos y la rentabilidad¹¹.

En la siguiente figura, puede verse el lugar donde se situaría el CODP en las tareas productivas de la organización:



Una vez se acepta el presupuesto, se pasa el pedido al responsable de producción. Si el producto solicitado está en stock, se avisará al cliente para que venga a recogerlo cuando le convenga. En el caso de que no esté en stock, es necesario revisar si hay materia prima disponible, y el nivel de trabajo de la planta. Si no lo hay, se informará al departamento comercial, el cual junto a la gerente de la planta tomará la decisión de contactar con el cliente para ofrecer una nueva fecha, o bien solicitar material urgente y colar esta orden de producción por delante de otras, retrasando los pedidos anteriores. Antes de poder proponer una fecha de inicio, se debe revisar el stock de cada uno de los componentes necesarios para su producción, principalmente las barras más grandes que forman la estructura principal de la torre y de los accesorios como cabestrantes o poleas que se ensamblan en la torre en la última etapa del montaje.

Este es uno de los puntos clave que se quiere mejorar con el ERP. En la actualidad el control de stock es prácticamente inexistente. Cada operario conoce aproximadamente los materiales que tiene en su puesto de trabajo, pero esa información no está centralizada en ningún sitio. Este punto será desarrollado más adelante en el apartado dedicado al ERP.

Así pues, el proceso actual quedaría reflejado en la siguiente figura realizada mediante el software Bizagi Modeler, el cual permite modelar los procesos de manera simple y esquemática para poder entenderlo con más facilidad.

¹⁰ (Peeters & van Ooijen, 2018)

¹¹ (Tanhaie, Rabbani, & Manavizadeh, 2020)

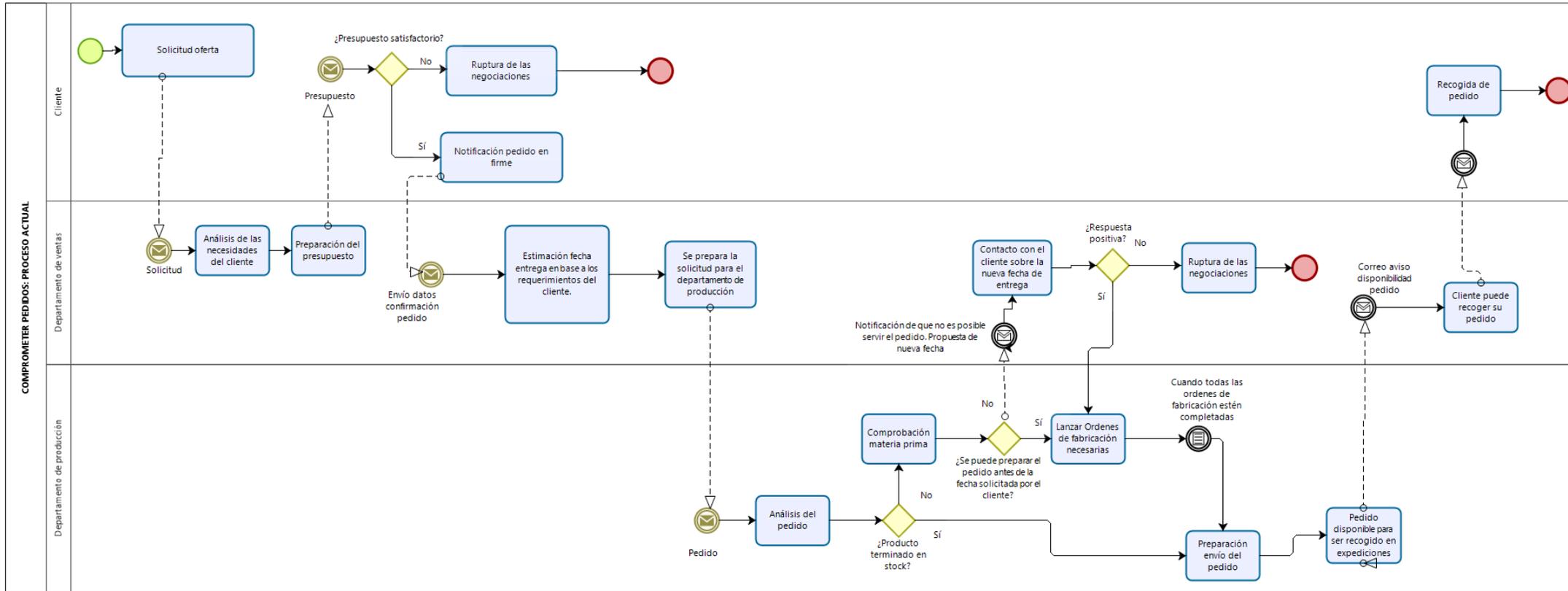


Ilustración 12. Detalle proceso comprometer pedidos actual. Fuente: elaboración propia. Software: Bizagi Modeler

3.3 Proceso fabricación

De los productos que oferta Tecnistage, se ha escogido la gama de torres elevadoras como objeto de análisis en este trabajo académico. Esto se debe a que los otros productos tienen peculiaridades que hacen que no sean tan interesantes. En primer lugar, los trusses son productos que en algunos casos se comercializan bajo otra marca a modo de distribuidora, y que en los casos en los que se fabrican, son productos que gracias a las mesas y utillajes de soldadura de las que se disponen en la empresa, y a los pocos componentes que requieren (principalmente tubos de aluminio de distintos diámetros y longitudes), es bastante sencilla su producción. Por este motivo no son tan interesantes como punto principal del análisis.

Del mismo modo, las tarimas y estructuras tampoco son apropiadas para este estudio, pues son proyectos únicos y totalmente personalizados en su mayoría. Para estos encargos se utilizan elementos estándar tales como torres elevadoras, o accesorios, pero el resto de las partes son hechas a medida.



Ilustración 13. Ejemplo utilización tarimas junto con estructura de trusses¹²

Finalmente, los accesorios sí son bastante más interesantes, tanto por complejidad en su fabricación, como por su volumen en ventas. No obstante, el hecho de que vayan ligados a la venta de las torres elevadoras, pues la función de estos accesorios es ampliar el uso de dichas torres, junto con su amplia oferta, hace que tenga mucho más sentido centrarse en las torres elevadoras.

Todo lo anterior se refuerza al ver la cantidad de componentes implicados en cada una de las torres elevadoras, pues son los productos que más piezas y operaciones de empleados requieren. Además, muchas de estas piezas producidas en la propia Factoría, tales como pletinas de ajuste o algunos pasadores, son compartidos con los principales accesorios.

A continuación, se detallarán los procesos que se realizan en la planta productiva para crear una torre elevadora. Estos procesos son válidos para cualquier modelo de la gama, ya que simplemente cambian las especificaciones o los parámetros individuales, pero los procesos que siguen son los mismos. Para ejemplificar se detallará el proceso de la torre más vendida, la cual

¹² (Webnode)

además tiene uno de los procesos más largos de fabricación. Además, muchos accesorios y componentes son compartidos con otras torres, por lo que es un caso perfecto para este análisis. En la siguiente tabla puede verse el escandallo de la torre Z300 de los componentes producidos en la empresa que conforman la torre. Cabe destacar que este escandallo únicamente refleja los semielaborados y componentes que se fabrican dentro de la planta, y permite seguir los procesos y transformaciones de los materiales. Este escandallo, junto con el del resto de torres, no existían al inicio del proyecto y, tal y como se detallará en el apartado de mejoras propuestas, tuvo que realizarse a partir del análisis de los procesos descrito a continuación. Como se verá, este escandallo es clave para la correcta implementación del ERP.

CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID
Componente A	MASTIL	1	A1	BARRA	1	A11	Orejeta 40x80 6mm, taladro 12,2mm	1
						A12	Asa	1
						A13	Orejeta 40x80 6mm, 2 taladro	1
						A14	Pletina 1 plancha cabestrante	1
						A15	Pletina 2 plancha cabestrante	1
						A16	Barra mecanizada 120x120x3x1415	1
						A17	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						A18	Barra mástil 120x120x3x1415	1
			A2	BASE	1	A21	Tubo 1 - 209 mm corte 45º extremo	2
						A22	Casquillo base para mástil con valona 50x50x2x164	4
						A23	Tubo 3 - 50 mm 140x140x50	1
						A24	Casquillo hierro aro nivel	1
						A25	Casquillo encaje patas	4
						A26	Orejeta 92x40 5mm taladro 12,2mm	4
A3	TIRANTE	4	A31	50º y 40º extremos	4			
A4	PORTAPATAS	2	A41	Conjunto portapatas	2			
Componente B	BARRA TELESCOPICA 1	1				B11	Pletina mecanizada 60x12x112	1
						B12	Pletina sin mecanizar 30x12x112	1
						B13	Macizo hierro 12x12x120	1
						B14	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						B15	Barra mecanizada 100x100x1473	1
						B16	Barra mecanizada 100x100x2x1473	1
						Componente C	BARRA TELESCOPICA 2	1
C12	Pletina mecanizada 50x14x94	1						
C13	Pletina sin mec. 50x14x94	1						
C14	Macizo hierro 14x14x120	1						
C15	Barra mecanizada 80x80x1465	1						
C16	Barra mecanizada 80x80x2x1465	1						
Componente D	BARRA TELESCOPICA 3	1						
						D12	Macizo hierro 14x14x120	1
						D13	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						D14	Pletina mecanizada 50x14x74	1
						D15	Barra mecanizada 60x60x1465	1
						D16	Barra mecanizada 60x60x2x1465	1
						Componente E	BARRA TELESCOPICA 4	1
E12	Pletina sin mec. 60x10x54	1						
E13	Macizo hierro 10x10x110	1						
E14	Tuerca	1						
E15	Barra mecanizada 45x45x1510	1						
E16	Barra mecanizada 45x45x2x1510	1						
E17	Tubo interior mecanizado 40Ø 1350mm	1						
E18	Tubo interior Ø40x1350	1						
Componente F	PATA	4				F11	Tubo 45x45x2	1
						F12	Barra pata 45x45x2x900	1
						F13	Casquillo roscado	1
						F14	Tapón en u	1

Tabla 9. Escandallo componentes torre Z300

A partir de este punto se detalla las operaciones que componen el proceso de fabricación:

a) Corte

En primer lugar, las barras de acero que forman la estructura principal de la torre deben ser cortadas a partir de las barras de 6 metros que proporciona el proveedor Arcelor de los productos metálicos. Estas barras son las que aparecen en negrita en la tabla anterior. Los componentes A18, B16, C16, D16, E16, E17, y F12, son los primeros materiales que se requieren para la fabricación de la torre.

En este puesto de trabajo, el operario se encarga de acceder al almacén de materia prima, localizar las barras necesarias para la fabricación, trasladarlas a la zona de corte mediante el puente grúa, ajustar la máquina en función de los parámetros requeridos, y realizar los cortes. Hay que tener en cuenta que esta zona dispone de 2 máquinas, una automática y otra manual. La automática se encarga de realizar los cortes de las piezas más pequeñas y numerosas tales como pletinas de ajustes, macizos de hierro, o casquillos roscados entre otros muchos. Es labor del operario encargarse de que esta máquina esté siempre en funcionamiento, en función a los órdenes de trabajo que le llegan. Por tanto, debe encargarse de alimentar la máquina y transportar los componentes cortados a la zona de espera tras el corte. Cabe recalcar que esta zona de espera no es una zona de almacenamiento, simplemente hace las funciones de buffer para las situaciones en las que los materiales pendientes a la salida de la estación de corte supera la capacidad de trabajo de los operarios de limado.

Por otro lado, también debe encargarse de realizar los cortes de las barras más grandes de forma manual, así como los cortes más difíciles o con más particularidades, los cuales la máquina automática no puede realizar.

Es importante destacar que todos los componentes que aparecen en el escandallo de la tabla 9, son componentes que se producen en Tecnistage a partir de diferentes barras y perfiles de 6 metros de longitud, cortadas expresamente para la fabricación de estos productos. Es por ello por lo que el control de esta etapa de la producción es de vital importancia, debido a que los demás puestos de trabajo requieren de las piezas que salen del corte. Si aparece un retraso en esta etapa, es posible que alguna de las máquinas CNC de mecanizado acabe la tarea asignada y no pueda acceder al material necesario para realizar la siguiente orden, por lo que tendría que parar o realizar un cambio de mordazas para continuar con otra tarea alternativa, y cuando esté el material disponible, volver a realizar otro cambio de mordazas para acoger el material que iba a ser mecanizado en primera instancia.

Por este motivo, es crucial controlar la fase de cortado, y asegurarse de que las máquinas están en perfecto estado de mantenimiento para que no haya parones y retrasos en la producción.

Por lo general, todos los componentes que no son las barras principales de las torres, es decir, en el caso de la torre M300 que se está analizando, todos los componentes a excepción de los A18, B16, C16, D16, E16, E17, y F12 de la tabla 9, se van cortando en la sierra automática, y siguen un flujo de trabajo en paralelo a las barras principales. Esto se debe a que se cortan en una máquina distinta, se mecanizan en un CNC específica, y finalmente se liman por uno de los operarios de la sección de limado, la cual es la sección más desahogada y que sirve de apoyo para la descarga de materia prima, transporte interno y demás labores auxiliares necesarias dentro de la planta.

Por este motivo, cuando se describe el proceso, el objetivo es realizar el seguimiento a dichas barras principales, componentes únicos de la torre M300, pues el resto de las componentes siempre están en fabricación al ser componentes compartidos.

b) Limado

Este puesto de trabajo situado en la zona exterior de la fábrica dispone de dos limas de cinta, y una fresadora manual, junto con una gran multitud de herramientas y utillajes para poder realizar labores de limado limpieza y preparación de las barras y componentes necesarios para la elaboración de los productos.

Aquí, dos operarios se encargan de realizar dichas tareas, las cuales no ocupan todo el tiempo disponible de los trabajadores. Es por ello por lo que para aprovechar los tiempos ociosos de los que disponen, los empleados de esta sección son los encargados de transportar los materiales del almacén intermedio a la salida de la estación de corte, organizar dicho almacén, transportar

los materiales ya limados a los almacenes intermedios correspondientes, y realizar otras labores auxiliares necesarias para el correcto funcionamiento de la factoría como se ha descrito anteriormente.

Es importante destacar esto, ya que, debido al gran número de pletinas, macizos, casquillos y demás componentes y piezas requeridos para la fabricación de las torres, y a que todos ellos se cortan y mecanizan en la misma planta productiva, estos se realizan en lotes muy grandes para optimizar los costes. Es por ello por lo que, como se verá a continuación, en la estación de soldadura, se dispone de un almacén de componentes terminados, listos para soldarse. Este almacén alberga una gran cantidad de este tipo de componentes, los cuales no están inventariados ni clasificados, y únicamente son gestionados por los propios soldadores, los cuales van solicitando los componentes según les va faltando stock. Esto es un grave problema, el cual será tratado más adelante para evitar contingencias por faltas de stock de ciertos componentes en el momento de realizar los trabajos de soldadura.

Los componentes que ya han sido limados o limpiados y que ya están listos para el siguiente trabajo, son transportados a la siguiente estación por parte de los operarios de limado. Aquellos que no requieran de la realización de ningún tipo de mecanizado, son trasladados y colocados en el almacén intermedio de soldadura que se ha descrito anteriormente. Por el contrario, los materiales que, sí que necesiten mecanizados, tales como los casquillos o las propias barras que conforman la estructura principal de la torre, se llevan a la sección de mecanizado, en donde esperarán a que acabe el trabajo en curso para poder entrar en las máquinas CNC.

c) Mecanizado

En esta estación de trabajo se dispone de cuatro máquinas CNC controladas por tres operarios. Estas máquinas realizan funciones totalmente diferentes, las cuales se describen a continuación:

- CNC 1: esta máquina se encarga de realizar los mecanizados en las barras semielaboradas que superan los 800mm de longitud. Principalmente realiza tareas de fresado y taladrado. Esto se debe a que las mordazas de las que dispone la máquina le permiten agarrar estas piezas desde los extremos, lo que reduce los movimientos y vibraciones en comparación con la CNC 2, que únicamente agarra las piezas desde el centro. No obstante, este tipo de configuración no permite realizar mecanizados en los 50mm cercanos a cada una de las mordazas, por lo que es algo que se debe de tener en consideración a la hora de realizar el diseño de estos. Los tiempos de máquina en esta CNC son muy elevados, alrededor del minuto y medio, acercándose a los dos minutos en algunas barras, por lo que el operario a cargo de esta máquina aprovecha ese tiempo de máquina para limpiar los residuos de taladrina y revisar que todos los mecanizados estén correctos, rebajando el sobrante en aquellos en los que sea necesario.
- CNC 2: aquí se realizan los mecanizados de todas las piezas y semielaborados que no superen los 900mm de longitud. Esta máquina ofrece una gran versatilidad, pues su mordaza de ajuste variable permite realizar cambios rápidos de piezas sin tener que cambiar la mordaza. Es por ello por lo que otorga una gran flexibilidad a la producción, pudiendo interrumpir lotes de fabricación para adelantar otros. Como la anterior, se encarga principalmente de fresados y taladrado.
- CNC 3 y CNC4: estos centros de mecanizado están dedicados exclusivamente a la realización de torneados. A su cargo está el operario más experimentado en cuanto a mecanizados, y controla las dos máquinas de manera simultánea. Al tener tiempos de ciclo muy altos, con mucho tiempo de máquina, el operario se encarga de alimentar las máquinas a primera hora de la mañana y realizar el seguimiento, así como de los

mantenimientos necesarios para ambas máquinas. Estas máquinas cuentan con alimentadores automáticos, por lo que una vez cargados, pueden estar funcionando prácticamente toda la jornada de manera continua. Los semielaborados a fabricar deben ser elegidos cuidadosamente, ya que estas máquinas no permiten un cambio de herramienta rápido como ocurre en la CNC 2. Por su parte, el operario al cargo realiza la limpieza de los semielaborados torneados por las máquinas, los cuales deben ser limpiados y desbastados, preparándolos así para su transporte al proveedor de los servicios de pintura y zincado. Por su experiencia y sus conocimientos técnicos, el responsable de estas máquinas también trabaja junto al ingeniero de diseño en la mejora de los componentes de los productos de la compañía, y se encarga de los pedidos particulares de ciertos clientes, dirigidos directamente por la gerente de Tecnistage.

A pesar de que en el futuro las máquinas CNC serán sustituidas por la tecnología de la impresión en 3D, o incluso el uso de corte láser ya disponible a un coste no demasiado alto, Tecnistage realizó la inversión en las nuevas máquinas Haas hace poco más de un año, por lo que se requiere realizar la máxima cantidad de trabajos en las máquinas. Es por ello por lo que no se va a analizar en las posibles mejoras la compra, ni la subcontratación de los servicios de corte laser a otras empresas como Lasertall, los cuales ya proveen ciertas barras con mecanizados imposibles de realizar para las máquinas CNC. Si no se hubiera realizado dicha inversión, sí que se estudiaría la posibilidad de subcontratar estos procesos, centrándose la empresa en el diseño, desarrollo, soldadura y ensamblaje de los productos, dejando la parte de parte de corte y mecanizado en manos de un proveedor externo. Al haber realizado dicha inversión, esta opción no tiene sentido económicamente, pues la empresa perdería gran parte de la inversión realizada.

d) Soldadura

Para realizar las tareas de soldadura, se disponen de cinco cabinas, las cuales están preparadas de tal manera que en la tres de ellas se pueden soldar hierro, en estas tres cabinas se pueden realizar todas las soldaduras necesarias para la elaboración de las torres elevadoras y de los accesorios. Las otras dos cabinas están preparadas para soldar aluminio, por lo que en ellas se realizan las soldaduras de los trusses y los accesorios de aluminio dedicados a estos. Tres operarios se encargan de estos procesos, los cuales se distribuyen de manera habitual colocándose dos de ellos en las cabinas dedicadas al hierro, y el otro en la cabina del aluminio. Este proceso es básico para la correcta elaboración de los productos, pues requiere de una gran habilidad por parte de los soldadores ya que deben realizar pequeños ajustes para que todos los componentes y semielaborados encajen correctamente, así como realizar las soldaduras en los puntos correctos tal y como se especifican en los planos.

Hay que tener en cuenta que el soldador de aluminio está controlado y dirigido por la gerente de la empresa, realizando los encargos de los clientes que ella misma gestiona como responsable de ventas nacionales. Aquí puede verse otro fallo organizativo grave, ya que para que este soldador pueda realizar dichos encargos, requiere de tubos de aluminio cortados, e incluso en ocasiones mecanizados. El hecho de que estos pedidos entren a producción de una manera separada al resto hace que el operario de las sierras tenga que abandonar su puesto en la sierra manual, para ponerse a cortar estos tubos de aluminio, lo que en ocasiones genera retrasos y contingencias. Esto será analizado y resuelto más adelante.

Una vez los operarios han soldado todos los semielaborados que conforman el mástil de una torre junto con su base, estos la transportan a la zona de almacenamiento dispuesta para la salida hacia el proveedor del servicio de pintura.

e) Pintura/Zincado

El proveedor de este servicio es una empresa que está menos de 15km de la planta. Para el transporte de los materiales listos para pintar, Tecnistage dispone de un transportista autónomo el cual recoge los materiales los martes a primera hora y los devuelve pintados y zincados el jueves por la tarde o el viernes. En principio, la política de la compañía es tratar de realizar únicamente un envío a la semana, por lo que a no ser que sea un caso urgente, los productos que no entren en el camión o que no lleguen a tiempo para la recogida, deberán esperar una semana hasta el siguiente envío. Esto tiene ciertas connotaciones, pues los viernes y los lunes se debe de intentar preparar todo el material que tenga que ser pintado o zincado, llegando a tener que variar la planificación de la producción para poder enviar estos materiales.

Además, en la actualidad existen bastantes problemas de calidad con este proveedor, los cuales también serán analizados en el apartado de mejoras propuestas.

Los materiales pintados o zincados se reciben y se almacenan en tres almacenes distintos dependiendo del tipo de producto. Por un lado, los conjuntos de mástiles y bases pintados se almacenan en un almacén exterior techado, lo cual hace que si pasan demasiado tiempo allí puedan tener problemas en caso de fuertes lluvias y acumulación de agua en los embalajes. En segundo lugar, las patas y barras telescópicas pintadas se almacenan en el área de ensamblaje, de forma que el operario de montaje puede reunir los materiales necesarios rápidamente. Finalmente, los accesorios pintados o zincados, se almacenan uno de los laterales de la factoría donde se realiza la preparación y el flejado de los pedidos de torres elevadoras y accesorios.

f) Ensamblaje

En esta fase se distinguen de nuevo las operaciones en función de los productos a ensamblar. Por un lado, el operario con más experiencia se encarga del montaje de las torres elevadoras. Esta es una de las tareas clave en la producción de estos productos, pues debe de montar las barras telescópicas, insertando unas dentro de otras, para finalmente introducirlas en el conjunto formado por el mástil y la base. Para ello, tiene que ir limando las pletinas de ajuste y macizos de hierro colocados en las barras para que encajen a la perfección. Es una labor muy artesanal y delicada.

Este operario trabaja ensamblando las torres que el responsable de fabricación le va solicitando a través de las ordenes de trabajo, y en función de las necesidades de los clientes, acordadas con la gerente de Tecnistage. No obstante, siempre se intenta ensamblar en lotes o en batch, es decir, siempre ensambla más torres de las que son estrictamente necesarias, salvo contingencias o urgencias. Normalmente el límite lo pone la capacidad de la mesa de trabajo o la carga de trabajo pendiente que tenga. Si por un casual no tuviese pedidos pendientes, el operario comenzaría a ensamblar los juegos de barras telescópicas, los cuales van unidos por poleas y cables metálicos, elaborando conjuntos de semielaborados que reducirán drásticamente el tiempo de montaje de la torre completa cuando sean requeridos.

Cabe destacar que en este puesto de trabajo se dispone de un almacén de tornillería, pletinas, tapones y otros materiales necesarios para el ensamblaje del producto final, de los cuales entorno al 40% son fabricados en la propia factoría, por lo que es básico controlar estos niveles de inventario. Un retraso debido a una rotura de stock en este punto debido a un semielaborado como una pletina o un tapón fabricado en la propia factoría, tiene unas graves consecuencias, ya que hay que tener en cuenta que deberá ir a pintado o a zincado. Es por ello por lo que el stock de este almacén intermedio debe estar bien controlado.

Por otro lado, otro operario se encarga de las funciones de ensamblaje de los accesorios. Estos son bastante más sencillos, por lo que este operario también se encarga de la realización de los flejados y preparaciones de los pedidos de torres elevadoras y accesorios.

g) Expediciones

Finalmente, un operario se encarga de la recogida de los pedidos de torres elevadoras y accesorios listos para su envío, así como de preparar y ensamblar los pedidos de trusses y accesorios para trusses. Este operario también se encarga de gestionar las cargas y descargas del material que va a pintura o a zincado.

La gestión de las expediciones con los productos terminados para el cliente se realiza por el departamento de compras y logística, el cual, en función del cubicaje de cada uno de los bultos, busca el mejor precio disponible para la carga de esa mercancía. Normalmente los envíos se realizan en grupajes a través de empresas de transporte. La empresa no dispone de vehículos de transporte propios.

Tras ver todo el proceso con detenimiento, se procede a realizar el diagrama de flujo del proceso, para poder tener una visión analítica del proceso. Además, podrán verse los puntos donde sea posible realizar mejoras para eliminar los desperdicios del proceso de una manera sencilla.

A continuación, se puede ver una miniatura del proceso de fabricación de una torre Z300. Este mapa puede verse con detalle en el Anexo 1.

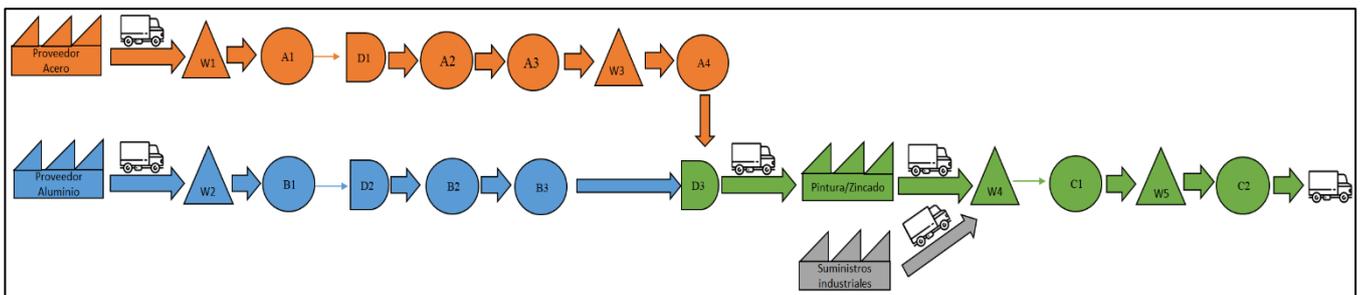


Ilustración 14. Miniatura mapa de procesos de Tecnistage (Anexo 1). Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla, se puede ver la explicación de los iconos utilizados en el mapa de procesos.

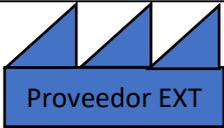
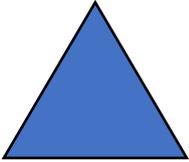
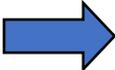
	Proveedor externo. Tecnistage tiene seis proveedores principales de materia prima, semielaborados, tornillería consumibles y herramientas, y componentes y piezas.
	Proceso de fabricación desarrollado en la propia factoría de Tecnistage.
	Almacén: Existen dos almacenes de materia prima, uno para el acero y otro para el aluminio; un almacén para los componentes, las piezas y la tornillería; un almacén exterior para los conjuntos de mástiles y bases llegados desde pintura; y una última zona de almacenamiento para los productos terminados.
	Espera. Este símbolo representa las esperas que sufre el material antes de entrar a un proceso de fabricación o durante el cambio entre estaciones de trabajo.
	Transporte. Representa el desplazamiento del material o semielaborado por los diferentes puestos de trabajo.

Tabla 10. Definición iconos ilustración 6. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en la tabla 11, se detallan los procesos que aparecen en el mapa de procesos (ver Anexo 1), que puede verse en la miniatura anterior. Estos procesos corresponden a los explicados anteriormente, por lo que en la tabla únicamente se nombrarán.

A1	Corte sierra acero
A2	Limado acero
A3	Mecanizado acero
A4	Soldadura
B1	Corte sierra aluminio
B2	Limado aluminio
B3	Mecanizado aluminio
C1	Ensamblado
C2	Embalado y expedición
D1	Espera material acero tras sierra
D2	Espera material aluminio tras sierra
D3	Espera material que va a pintura/zincado
W1	Almacén materia prima acero
W2	Almacén materia prima aluminio
W3	Almacén material listo para soldar
W4	Almacén semielaborados pintados/zincados
W5	Almacén productos terminados

Tabla 11. Definición nomenclatura iconos ilustración 6. Fuente: elaboración propia

Una vez descritos y analizados todos los procesos de fabricación, así como estudiado también el entorno macroeconómico de la empresa, su situación en el sector, y el funcionamiento interno, ya se tiene la suficiente información como para poder proponer mejoras que garanticen ciertos resultados a corto plazo. Tal y como se describe en el siguiente punto, estas mejoras están muy enfocadas en cubrir las carencias básicas estructurales de la empresa, plantando las bases para poder realizar la implantación del sistema ERP. Cuando el software esté disponible, podrán utilizarse los datos obtenidos por el mismo para realizar análisis más exhaustivos y proponer otras mejoras.

4. Propuestas de mejora

Una vez explicado el proceso de fabricación, conocidos los métodos de trabajo de la empresa, definidos los diferentes productos que comercializa la empresa, y tras haber realizado el análisis del entorno, es el momento de comenzar con el proyecto en el cual se realizarán una serie de propuestas de mejora para incrementar el control sobre la producción, lograr una correcta gestión del inventario y sobre todo conseguir una reducción en los costes productivos, eliminando los desperdicios y las esperas.

Tal y como se ha explicado anteriormente en el documento, Tecnistage está en un momento en el que necesita lograr un control de los procesos que ocurren en ella, de tal manera que se puedan sentar las bases para el crecimiento futuro de la organización, así como para futuros cambios en la gerencia. Es por ello, que todas las mejoras aquí propuestas, nacen con el objetivo de ser implantables en el momento actual y de manera rápida y eficaz, y además deben complementar los pasos necesarios para la implantación del sistema ERP. Es decir, hasta la fecha Tecnistage había tenido ciertos contactos con este tipo de softwares gracias a consultorías de ingeniería, las cuales no lograron el propósito aquí planteado, ya que, en parte, cometieron errores en el análisis de los procesos de producción y de selección del software.

Una de las propuestas de mejora durante la realización de este proyecto es la propia implementación de un software ERP, la cual será definida y explicada en el quinto apartado de este trabajo académico. Por lo tanto, las propuestas de mejora propuestas a continuación en este apartado son aquellas que deben ser puestas en marcha antes de la propia implementación del ERP, ya sea para mejorar la comprensión de los procesos y poder trabajar mejor con los desarrolladores del sistema, o bien para mejorar el funcionamiento de los procesos internos de la compañía, simplificando algunos de ellos.

Así pues, las mejoras propuestas en este punto previo a la implantación del ERP deben cumplir con los siguientes objetivos:

- **Fácil implementación.** Las mejoras propuestas deben ser aplicables de manera rápida y sencilla, en busca de mejoras incrementales más que innovaciones radicales o cambios muy marcados en la estructura de la empresa.
- **Enfocado hacia el ERP.** Es decir, las mejoras que se planteen aquí deben ir en la ruta marcada para la implementación del ERP. Se prestará especial atención a los procesos que se relacionen con las modificaciones de los stocks. Por tanto, el proceso de comprometer pedidos será uno de los que será revisado. También se plantearán ciertas mejoras que se deberán incluir en el ERP durante su implementación.

En los siguientes apartados se detallarán las mejoras propuestas.

4.1 Reestructuración departamentos

Como se ha definido en el apartado 2.2, la empresa actualmente está estructurada en cuatro departamentos diferentes: ventas nacionales, exportación, diseño, y compras y logística.

Es importante destacar que la gerente de la empresa está al frente del departamento de ventas nacional, y el otro propietario y futuro gerente, es el responsable del departamento de exportación. Este es uno de los temas que conviene revisar, puesto que la gerente ha expresado su deseo, junto al resto de propietarios, de lograr avanzar hacia una organización más estructurada, cediendo el control de ciertas operaciones una vez se haya conseguido que la empresa tenga sus procesos más estandarizados.

Para ello, lo primero será reestructurar los departamentos, ya que como puede verse, hasta ese momento Tecnistage no tenía un departamento de producción. El motivo era el funcionamiento

de la planta como un taller tradicional, sin ningún tipo de enfoque hacia la producción organizada. Esto implicaba que el jefe de taller ejecutaba las ordenes de producción tal y como le decían desde la gerencia, en base a los pedidos de venta, fabricando cantidades adicionales arbitrariamente para alcanzar ciertos tamaños de lotes de fabricación.

Al comienzo de este proyecto, se designó a un responsable de producción, por lo que, a partir de ese momento, la creación de un departamento de producción encargado de gestionar todo lo relacionado con la fabricación de los pedidos de los clientes, era necesaria. Aquí la clave es maximizar los esfuerzos de cada empleado en el campo en el que puedan ser más eficientes.

Por otra parte, los departamentos de ventas nacionales y exportación deberían fusionarse, ya que el volumen de clientes, y principalmente la ausencia de diferenciación entre los productos de exportación, ya que son los mismos productos, hace que tenga más sentido trabajar en un único departamento. Esto hará que, en el momento de negociar los pedidos de los clientes, todos los comerciales sean más conscientes de los pedidos de otros clientes que estén en marcha, lo que hará que puedan agrupar ciertos pedidos en una fase muy temprana del proceso, descargando de trabajo a los responsables de producción y ventas.

Además, los departamentos de compras y logística se fusionarán, ya que no tiene sentido tener dos departamentos distintos realizando algunas tareas similares en una empresa tan pequeña. La nueva estructura organizativa puede verse en la siguiente ilustración:

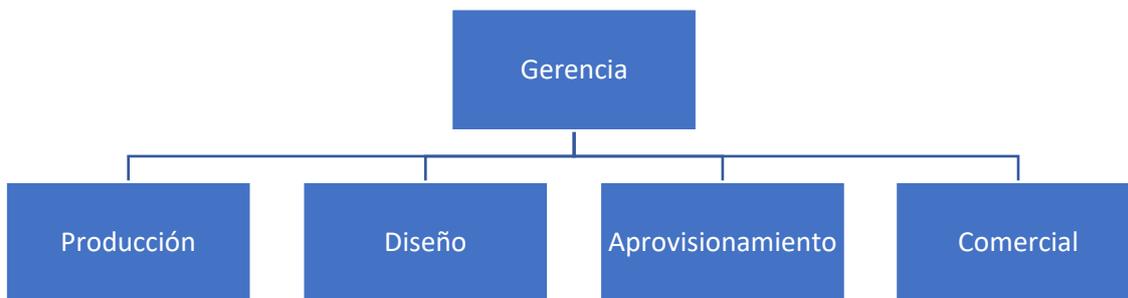


Ilustración 15. Representación de la reestructuración organizativa de la empresa.

Es importante destacar que la simplificación de la estructura de los departamentos tiene como objetivo mejorar la comunicación y la velocidad de respuesta para cada proceso. Además, anteriormente algunas personas dirigían varios departamentos, lo cual no tenía demasiado sentido. Con la reestructuración actual, tanto la gerente como otro propietario dedicado a los clientes extranjeros pueden realizar distintas labores compaginadas con sus tareas en el departamento comercial, el cual es el que más empleados tiene. La creación del departamento de producción y la designación de un nuevo responsable de este, ayudará mucho a la empresa ya que las personas clave en la organización, podrán focalizarse en sus fortalezas, teniendo que resolver únicamente contingencias en la producción, puesto que las tareas operativas diarias estarán ahora cubiertas.

4.2 Mejora de la comunicación entre departamentos: Reuniones

Una vez replanteados los departamentos, será necesario que la gerencia designe responsables para cada uno de ellos, principalmente para el departamento de producción y el de diseño, ya que los otros puestos los ocuparán los propietarios de la empresa. Una vez definido dicho organigrama, es importante que para que Tecnistage comience a funcionar como una organización, se tengan en cuenta dos factores clave a la hora de diseñarla.

- En primer lugar, es clave mejorar la comunicación entre los trabajadores dentro de la empresa. Hasta ahora, el personal de diferentes departamentos apenas interactúa entre

sí, y teniendo en cuenta el pequeño tamaño de la organización, esto no debería de ser así. Es necesario que haya una comunicación fluida entre los distintos departamentos para que todo el personal tenga claro cuáles son los objetivos y los alcancen de manera global.

- En línea con lo anterior, los responsables de los departamentos deben realizar reuniones diarias o al menos tres por semana, para exponer al resto de responsables la situación de cada uno de los procesos en los que se encuentra involucrado cada departamento, fomentando que todo el personal clave tenga consciencia global del funcionamiento de la compañía.
- Finalmente, es básico que los propietarios de la empresa, en estas reuniones entiendan que acuden como responsables de departamentos y no como propietarios, puesto que si imponen cambios en el trabajo de otros departamentos para beneficiar al suyo propio. De no ser así, la creación de departamentos carecerá de sentido. Es importante que se respeten los roles asignados, aunque en última instancia, siempre tendrá la última palabra la gerente de la empresa.

Para ello, se propondrá la realización de reuniones diarias a primera hora de la mañana, para que todos los responsables de departamento tengan claras las tareas que se están llevando a cabo. Esto es básico para el correcto funcionamiento de la empresa, es muy sencillo de implantar, y además ayuda a generar esa cultura organizativa tan necesaria para que las empresas como esta consigan crecer de una manera sostenible.

4.3 Implantación del concepto de cola de producción

La organización actual de la empresa no permite conocer cuáles son los pedidos que hay en marcha ni los productos que están siendo fabricados. Aquí, es importante destacar dos aspectos:

- Como se ha visto en el proceso de comprometer pedido (apartado 3.2), Tecnistage inicia la fabricación de un lote completo de un producto en el caso de que alguno de los departamentos de ventas haya cerrado una venta y no haya stock disponible para comprometer de ese producto. Si el tamaño de ese pedido es menor que el de un lote completo, que suele ser lo habitual, se fabricarán unidades que quedarán en stock disponibles para comprometer. El problema aparece cuando se comienza a fabricar un lote de un producto del cual solo se necesitan una o dos unidades de un lote de seis o doce, que son los tamaños más habituales. En esta situación, si entran otros pedidos de productos diferentes para fechas similares, pueden encontrarse con que la capacidad del sistema está saturada con productos que no van a ser vendidos de manera inmediata.
- Por lo tanto, los pedidos de venta generan ordenes de fabricación. Actualmente los departamentos de ventas pasan los pedidos de ventas y se desentienden del resto del proceso. Como en la actualidad no hay un departamento de producción, entre la gerente, la cual es la responsable de ventas nacionales, y el jefe de taller, gestionan esos pedidos para crear las ordenes de fabricación. Una vez están creadas, entran en producción en cuanto hay un hueco disponible.

Se puede observar, que los departamentos de ventas trabajan de una manera totalmente desligada del resto de la empresa, y que no se gestionan correctamente los pedidos de ventas, ya que pasan directamente a ordenes de fabricación. En el siguiente apartado se explicará con detalle la propuesta de mejora para el proceso de comprometer pedidos, pero es necesario definir un nuevo concepto para organizar la producción del horizonte más cercano, de una manera más sencilla.

Teniendo en cuenta que el volumen de pedidos diarios es bajo, es posible realizar un seguimiento exhaustivo sobre los mismos, si se trabaja de una manera conjunta. Sobre las reuniones descritas en el punto anterior, se propone comenzar a trabajar mediante un procedimiento en el que los responsables de fabricación, ventas y aprovisionamiento, durante la reunión diaria, traten de analizar el estado de las ordenes de fabricación en marcha, y de la situación de los nuevos pedidos o incluso de las negociaciones con clientes. Esto permitirá al departamento de aprovisionamiento revisar si hay materias primas suficientes para esas posibles nuevas órdenes de producción, e incluso ir adelantando ciertos pedidos para cubrir las ventas potenciales.

Si bien todo esto es complejo de estandarizar para que estas tareas puedan realizarse por personal del departamento y no directamente por los responsables, este primer paso previo a la implementación del sistema ERP, únicamente tiene puntos positivos, pues una vez que dicho sistema esté en marcha, las reuniones deberán seguir haciéndose. Lo importante aquí es crear una cultura organizativa superior, y concretamente en este apartado, trabajar para que los diferentes departamentos pongan sobre la mesa las distintas necesidades y limitaciones de cada uno de ellos, para poder trabajar en solventarlas como equipo.

Este método de trabajo es bastante común en grandes empresas proveedoras de productos terminados para supermercados tales como Mercadona, o Consum, las cuales utilizan este tipo de reuniones para que los responsables de cada departamento sean conscientes de las necesidades de la empresa y no solo de su departamento.

4.4 Mejora proceso comprometer pedidos

Durante la definición del proceso de comprometer pedidos actuales, se han podido detectar diversas deficiencias que deben ser resueltas para optimizar el funcionamiento de este proceso. Al ser una empresa de pequeño tamaño, corregirlo no será difícil, pero es necesario resolverlo para que el ERP que se implante funcione lo mejor posible y además se minimicen los errores en este proceso. A continuación, se muestran los errores detectados.

- Fechas infactibles. En situaciones en las que entran diversos pedidos, no existe ningún protocolo para priorizarlos, de manera que queda al criterio arbitrario de la gerencia decidir si un pedido va a ser adelantado en la cola de producción o no. Esto genera que algunos pedidos retrasen sus fechas de entrega. A esto hay que añadir que no hay ningún tipo de control sobre el stock, ni del ATP, y los departamentos comerciales no se comunican con el de producción, por lo que todo pasa filtrado por la gerente que tiene que tomar esas decisiones. Esto genera pérdida de confianza por parte de los clientes, con lo que se pierden oportunidades de negocio.¹³
- Falta comunicación. Como se ha visto en el punto anterior, teniendo en cuenta que Tecnistage todavía no dispone de un ERP capaz de gestionar esta información correctamente, es necesario que los departamentos de aprovisionamiento ventas y producción, estén en contacto directo, realizando reuniones diarias para ver que todos tienen claras los pedidos pendientes a servir y el orden en el que se deben entregar.
- No existen objetivos ni jerarquías entre los clientes. Ni los departamentos comerciales, ni la gerencia, han definido ningún criterio a la hora de servir pedidos cuando se dan situaciones de suministro restringido, es decir, momentos en los que la demanda supera la capacidad productiva de la empresa. Como se ha visto anteriormente, la demanda en este sector es bastante estacional, a pesar de que la capacidad productiva es constante durante todo el año. Al trabajar sin ni siquiera datos históricos, el departamento de

¹³ (Tanhaie, Rabbani, & Manavizadeh, 2020)

producción ha funcionado fabricando en base a la experiencia y las indicaciones arbitrarias de la gerencia, pero cuando se han visto situaciones como las anteriores, los departamentos comerciales han exigido ciertos movimientos en la cola de la producción. Es básico solucionar este problema y establecer unas jerarquías entre los clientes para poder solventar estas situaciones.

Estas deficiencias, fruto de las graves carencias organizativas que sufre la empresa, deben ser solucionadas antes de la implementación del ERP. Se debe entender que en el ERP se parametrizará la forma de trabajo de la empresa, es decir, todos aquellos procesos necesarios para la correcta obtención de los productos y bienes que ofrece la compañía. Por este motivo, elaborar un PCP (Proceso Comprometer Pedidos) correcto es tan importante.

Así pues, para afrontar estos inconvenientes, se proponen una serie de medidas destinadas a resolverlos. Estas medidas se centran en evitar la política FCFS (First-Come-First-Served), en la que los pedidos se van atendiendo y preparando en función del momento de llegada. Es decir, los primeros en llegar serán los primeros en ser servidos. Por tanto, se aplicarán políticas de gestión del beneficio (Revenue Management), para salvar los inconvenientes de las anteriores. Estas políticas encajan a la perfección en este tipo de organizaciones en las que la demanda supera la capacidad de suministro durante algunos periodos de tiempo.

En primer lugar, es necesario realizar una óptima segmentación de los clientes. En la actualidad Tecnistage tiene más de 3800 clientes en la base de datos, y aunque tal y como se verá en el apartado 5.4, en donde se detalla la implantación del ERP, muchas estas entradas de clientes en la base de datos corresponden a duplicidades o a clientes obsoletos, sigue siendo un número bastante importante. Dado que los lead time de producción son elevados, es básico segmentar a los clientes estableciendo una jerarquía que permita responder de manera adecuada a situaciones de suministro restringido.

Para este tipo de situaciones, una buena opción es optar a estructurar el ATP por cliente. Como se ha explicado anteriormente, en este momento no se disponen de los datos necesarios para calcular el ATP acumulado a partir del Plan Maestro de Producción. Como se han definido que las mejoras deben estar centradas en la optimización de los procesos y recursos ya disponibles en la empresa, facilitando la implantación del ERP de la manera más rápida posible, este ATP acumulado no podrá ser empleado para realizar esta segmentación. Más adelante, cuando el ERP esté en marcha y se tengan más datos acerca de la producción, se abordará la posibilidad. Por lo tanto, se aplicará una jerarquía a los clientes, basada en priorizar a los clientes que supongan un mayor beneficio económico para la empresa y aquellos que realicen un mayor número de pedidos de manera recurrente. Debido a la intención de Tecnistage de expandirse internacionalmente, también podría realizarse esta jerarquización de tal manera que los clientes de ciertas regiones estuvieran ubicados en un nivel jerárquico mayor al que les correspondería por su nivel de pedidos. Por lo tanto, se establecerían cuatro niveles diferentes en los que se clasificaría para los clientes en base a sus volúmenes de compra, dejando cierto margen al departamento comercial para que incluyera algunos clientes históricos, o de gran importancia para la compañía.

El principal objetivo de esta segmentación es el de poder simplificar al máximo el proceso de comprometer pedidos, para que no sea necesario que los responsables de los departamentos comerciales y de producción tengan que resolver contingencias de este tipo de manera habitual, si no que exista un procedimiento estandarizado que permita la resolución de este.

La empresa utiliza un modo de ejecución Online, es decir, el PCP se ejecuta cada vez que existe un contacto con un cliente que desea adquirir alguno de los productos de Tecnistage. Este modo de proceder se justifica por el competitivo entorno en el que se mueve la compañía, ya que los clientes suelen contactar con diversas empresas del sector y es necesario responder de una manera rápida y consistente a los clientes.

Siguiendo este sistema, Tecnistage consigue dar una muy buena imagen a los clientes, los cuales ven como sus pedidos son gestionados con celeridad. El problema reside en que esta opción no es la más eficiente para este tipo de modelo de negocio. Al fabricar sus propios productos, y tener a su vez lotes mínimos asociados a los mismos, los cuales no suelen ser alcanzados por ningún único pedido, sería preferible poder esperar un determinado periodo de tiempo para agrupar pedidos de los mismos productos, y en ese momento dar respuesta a los clientes. Este tipo de modelo en Batch, son económicamente muy efectivos, pero por el entorno competitivo anteriormente comentado, no es posible aplicarlo en este caso.

En cambio, la aplicación de un modo de ejecución Híbrido presenta características muy interesantes para la empresa. En primer lugar, los contactos con los clientes se realizan de un modo similar al Online, respondiendo de manera rápida a la propuesta de pedido del cliente, buscando alcanza un compromiso con el mismo. Cuando se alcanza ese compromiso, se analizan los pedidos ya existentes, incluidos los posibles acuerdos que estén negociándose en ese periodo. Para ello es fundamental la simplificación de los departamentos y la unificación de los dos departamentos comerciales. Este análisis busca encontrar algún pedido en el que se vayan a fabricar productos iguales o al menos de la misma familia, pudiendo agrupar ciertas partes de los procesos de fabricación a realizar, reduciendo los productos fabricados no vendidos y por tanto los costes.

Sin llegar a ser tan eficiente como el modo Batch, esta solución ofrece un buen compromiso entre los dos modos, mientras mantiene un alto nivel de compromiso con el cliente. No obstante, la jerarquización de los clientes anteriormente definida se utilizará para establecer ciertos niveles de clientes, los cuales recibirán trato en modo online, y otros que se estudiará la posibilidad de trabajar en Batch, sobre todo para pedidos con fechas de entrega largas por decisión del cliente.

Por lo tanto, es importante que, en el primer nivel de jerarquización de los clientes, únicamente se incluyan los clientes realmente importantes, o al menos aquellos que realicen pedidos con un volumen lo suficientemente alto como para ocupar lotes completos de productos.

Esta jerarquía será definida por el departamento comercial y la gerencia, tras realizar los análisis pertinentes de los clientes. Esto es debido a que como se ha dicho anteriormente, hay clientes importantes por su gran tamaño que tienen potencial para realizar grandes pedidos, así como ciertos mercados que Tecnistage quiere priorizar. No obstante, el departamento comercial podrá asignar un pedido determinado a una clase de cliente distinta a la definida por su ficha de cliente. Esto solo puede hacerse en casos puntuales, pues si no este sistema deja de tener sentido.

Para todo ello, se ha realizado la siguiente propuesta en la que los responsables de aportar dicha jerarquía deben cumplimentar la tabla siguiendo las indicaciones:

CLIENTE TIPO A	<p>Este tipo de clientes tiene prioridad absoluta, y solo se agruparán sus pedidos si ya existe algún pedido con productos similares en la cola de fabricación.</p> <p>Esta clase debe de ser exclusiva de los clientes más importantes para la empresa, priorizando el volumen de ventas. Es decir, los clientes que hagan pedidos de lotes enteros de producción son los candidatos ideales para alcanzar esta clase. No obstante, la gerencia puede designar ciertos clientes especiales para esta clase, a pesar de que su nivel de compras no justifique su presencia aquí. Es importante limitar estas designaciones para que la jerarquización sea efectiva. El tratamiento será cercano al modo Online, pues la respuesta será inmediata y si no hay pedidos con productos similares en la cola, se iniciará la fabricación lo antes posible.</p>
CLIENTE TIPO B	<p>Aquí se incluirán aquellos clientes importantes para la empresa, pero el volumen de sus pedidos por separado no alcance los lotes completos. Es importante recalcar que esto puede ser motivo de cierta negociación entre el cliente y el departamento comercial, pues, aunque Tecnistage no quiere ofrecer descuentos por volumen, sí que puede ofrecer diferentes niveles de prioridades, y a los clientes de este grupo, puede interesarles. Normalmente estos clientes serán pequeños canales de distribución de equipamiento de imagen y sonido, o empresas realizadoras de eventos.</p>
CLIENTE TIPO C	<p>Aquí se deberán ubicar los clientes habituales pero que realicen pedidos de pequeño tamaño y con frecuencias entre los mismos muy altas. También pueden incluirse ciertos clientes con potencial para alcanzar el siguiente nivel jerárquico, ya sea por posibles nuevos acuerdos discutidos con el departamento comercial o bien por el tamaño de esta y el interés de Tecnistage por vincularse a ese cliente.</p>
CLIENTE TIPO D	<p>Finalmente, la última clasificación de la lista estaría destinada a nuevos clientes particulares, pequeñas empresas o autónomos, y a orquestas. También aquellos clientes que realicen los pedidos con cierta antelación o previsión podrían tener lugar en este nivel, ya que se intentará agrupar al máximo los pedidos de estos niveles.</p>

Tabla 12. Definición jerarquía niveles cliente. Fuente: elaboración propia.

En esta fase del proyecto, esta lista jerárquica por niveles de tipo de cliente, las consecuencias de estar o no en cada nivel tendrán unas consecuencias limitadas y no cuantificables, por los pocos datos disponibles hasta el momento. Cuando el proyecto avance, se podrán realizar ajustes más precisos, optimizando la gestión de recursos durante el PCP.

No obstante, el simple hecho de elaborar esta lista permite que los departamentos de producción y comercial tengan más autonomía, pues no será necesario recurrir a los responsables de cada departamento o incluso a la gerente, para decidir el orden de todos los pedidos. Solo en aquellos casos en los que pertenezcan al mismo nivel, serán necesarias estas consultas.

Además, es importante que Tecnistage comience a entender que no es factible mantener una política de comprometer pedidos basada en aceptar todas las condiciones del cliente, únicamente para poder cerrar el pedido. Esto crea cargas de trabajo elevadas para replanificar la producción e incluso en ocasiones horas extra de los empleados para poder llegar a tiempo en algunos pedidos.

En todo caso, es prioridad que, de ahora en adelante, el departamento comercial evite cerrar acuerdos sin consultar previamente no el nivel de stock, sino que debe utilizar el concepto de ATP durante la fase inicial de contactos con los clientes, para poder estimar una fecha de entrega en base a ello. Si no existe ATP de un producto, la fecha de entrega deberá ser aproximada en esas primeras negociaciones, y siempre con cierto margen ya que todavía no se tienen los datos suficientes para mejorar esas cifras en este nivel del proceso. El proceso quedaría definido en la siguiente figura realizada mediante el software Bizagi Modeler, en el cual pueden apreciarse mucho mejor las diferencias respecto al proceso de comprometer pedidos que se realiza en la actualidad.

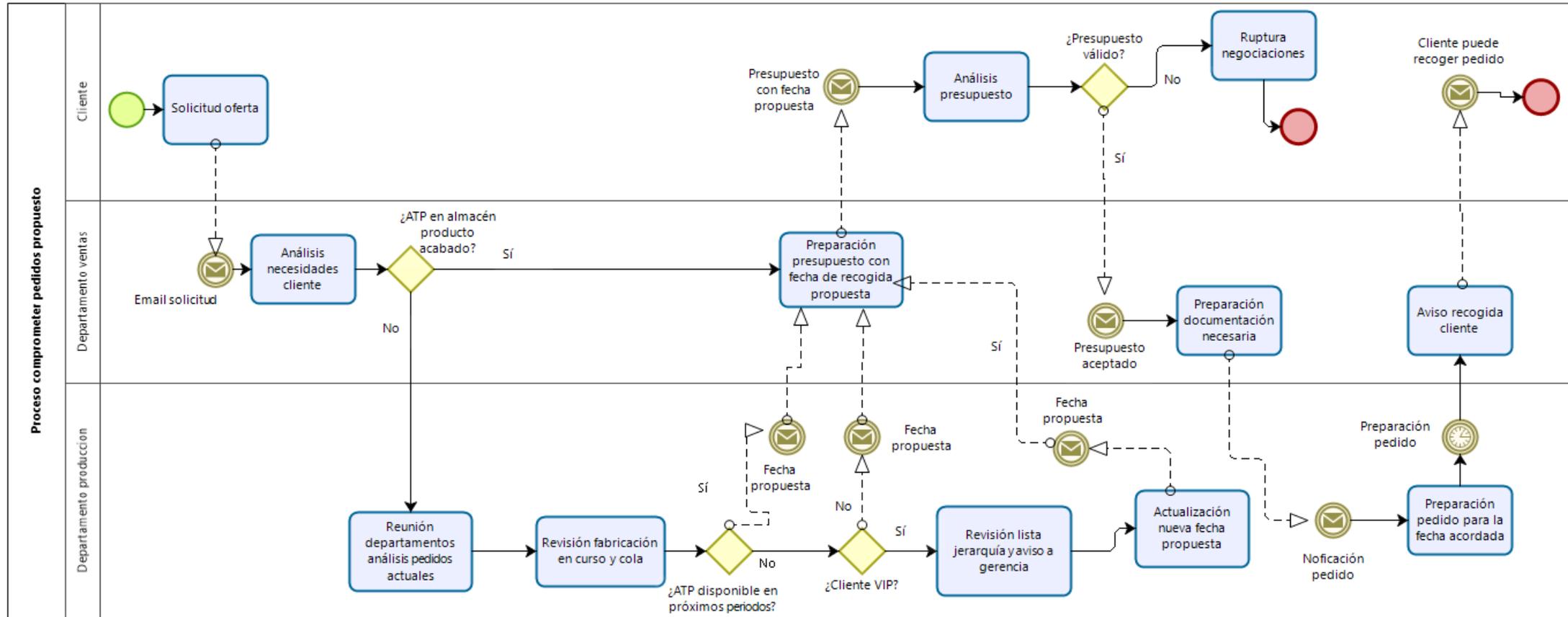


Ilustración 16. Detalle proceso comprometer pedidos propuesto. Fuente: elaboración propia. Software: Bizagi Modeler

4.5 Gestión del Stock

Hasta el momento la empresa no realiza ningún tipo de control sobre el stock de los productos terminados, ni de los componentes que se ensamblan en las torres, ni de la materia prima. En esa línea, los semielaborados que están en producción o a la espera de ser procesados, tampoco se contabilizan. Si bien es cierto que estos últimos materiales son muy difíciles de gestionar si no se tiene un sistema adecuado para gestionarlos, no es adecuado que no se controle el stock de los otros materiales descritos anteriormente.

Cuando se recibe una solicitud de necesidad de un material, el departamento de aprovisionamiento realiza el pedido al proveedor y se contabiliza como entrada en el sistema Ofipro, pero únicamente en la parte de contabilidad. En la realidad nunca llega a contabilizarse su stock en ningún tipo de base de datos ni sistema. Como el software actualmente implementado no les permite realizar una correcta gestión del escandallo, no pueden ni siquiera asociar los componentes tales como poleas o cabestrantes directamente a los productos terminados para descontarlos del stock en caso de salida hacia un cliente. Esto sumado al hecho de que, por decisión de la gerencia, no se realizan inventarios para no perder tiempo de producción, llegando a acumular más de tres años sin realizar uno, complica mucho la gestión de los procesos de fabricación, pues hay que ir revisando estación por estación, si los materiales necesarios para la siguiente orden de trabajo están disponibles o no.

Como se verá en el apartado de implantación del software ERP, el problema de la gestión de los stocks será uno de los primeros en ser abordado, ya que tiene una importancia capital en el funcionamiento de la empresa. No obstante, hasta su puesta en funcionamiento es necesario lograr un cierto control, por lo que se proponen dos medidas aplicables en el momento actual para lograr mejorar la situación en la zona de montaje y ensamblado, es decir con los componentes y los productos finales. Esta es la parte más asequible para comenzar el control de inventarios, y más sin software ERP, ya que la materia prima de entrada en forma de barras para cortar, y los semielaborados producidos por la propia factoría, son más difíciles de gestionar si no están vinculados a ordenes de trabajo. Lo que Ofipro no permite realizar en la implementación realizada en la empresa.

Así pues, se proponen las siguientes mejoras:

- Proceso salida pintura/zincado. Este proceso se encuentra infravalorado por la empresa ya que es el único que se realiza fuera de la planta. La buena calidad del servicio del proveedor externo es completamente necesaria para transmitir esa calidad percibida que la compañía intenta que sus clientes puedan experimentar. No obstante, este proceso no se encuentra muy controlado y presenta las siguientes debilidades:
 - Calidad. En primer lugar, no se realiza ninguna inspección previa de calidad antes de enviar el producto al proveedor del servicio. Hay que tener en cuenta que en muchas ocasiones las partes semielaboradas y conjuntos soldados que se envían se cargan en el camión prácticamente al mismo tiempo que salen de las cabinas de los soldadores. Esto se hace sobre todo en situaciones en las que se debe servir algún pedido de manera urgente. En cualquier caso, en situaciones de carga de trabajo normal, no existe ningún procedimiento para la revisión de dichos semielaborados. Esto supone un problema, ya que después de la soldadura, pueden quedar restos o proyecciones, que provocan defectos visuales y zonas rugosas en los productos una vez que son pintados.
 - Control inventario. Hasta el momento, son los propios operarios, normalmente operarios de soldadura o limado, los que según van acabando las ordenes de

producción, transportan los semielaborados una zona cercana a la puerta de carga no delimitada de ningún modo, y los dejan ahí. Posteriormente cuando viene el camión, otro operario carga los productos. Aquí, la deficiencia está en que no hay un control del material que sale y del que llega. Y esto genera descontroles administrativos, ya no solo en lo referente al stock, ya que no se está gestionando, si no en lo referente a la contabilidad, pues no se puede saber si los cargos del proveedor son reales o no, porque no existen albaranes de entrada ni de salida.

Estas deficiencias tienen soluciones bastante sencillas, aunque al no disponer todavía de un sistema ERP que ayude a gestionar este proceso, deberá hacerse de forma manual. A pesar de esto, el volumen de materiales que se envían a pintura y a zincado es bajo, y además solo se realiza un envío a la semana, por lo que se puede gestionar con eficacia.

Para ello, se han propuesto los siguientes procedimientos para mejorar este proceso:

- Delimitación zona expedición pintura/zincado. Se ha definido una zona cercana a la puerta por donde se realiza la carga y descarga de este material, de tal manera que ahora de un sencillo vistazo puede saberse la cantidad de material que va a pintura y la que va a zincado. Sobre todo, esta delimitación evita los errores de última hora al cargar material en el camión, ya que en diversas ocasiones los empleados dudaban entre ciertos materiales que no sabían si iban a pintura, a zincado, o a ninguno de los dos y simplemente estaban mal ubicados. Debido a que los operarios que cargan el material están en la parte de montaje y expediciones de producto terminado, ellos no ven las ordenes de fabricación, por lo que no pueden conocer este dato. En cambio, si el soldador o el operario de limado que deja el producto en la zona de expedición de pintura, lo hace en el apartado correspondiente, se solventarán fácilmente ese tipo de errores.
- Implementación de gavetas para la documentación e involucración del departamento de aprovisionamiento. Hasta el momento el jefe de taller o alguno de los operarios que realizaban la carga del material, eran los encargados de notificar al departamento de compras y logística el material que se iba a pintura y zincado. Estos, al no existir ningún tipo de procedimiento estandarizado, anotaban en un papel el nombre del semielaborado o sus medidas. Esto era muy complicado para este departamento, pues no conocían los semielaborados y componentes y por tanto no podían introducirlos en el sistema. La solución pasaba por llamar al jefe de taller para realizar las aclaraciones pertinentes y buscar la referencia del producto para poder contabilizarlo por el albarán, o bien esperar al albarán del proveedor con el trabajo realizado, confiando en que este fuese correcto. Esto suponía potenciales riesgos de pérdidas de material o incongruencias económicas que Tecnistage no podría justificar o reclamar. Para solucionar esto, se propone que los operarios que dejan el material en la zona correspondiente además introduzcan la orden de fabricación en la gaveta colocada junto a la zona. De este modo, el personal del nuevo departamento de aprovisionamiento podrá preparar rápidamente el albarán, ya que dispondrá de las referencias de los productos, así como sus cantidades. Esta sencilla implementación es el primer paso para crear el hábito de que cualquier material que entre o salga de la planta debe de ir correctamente identificado, cosa que será básica para la futura implementación del ERP.

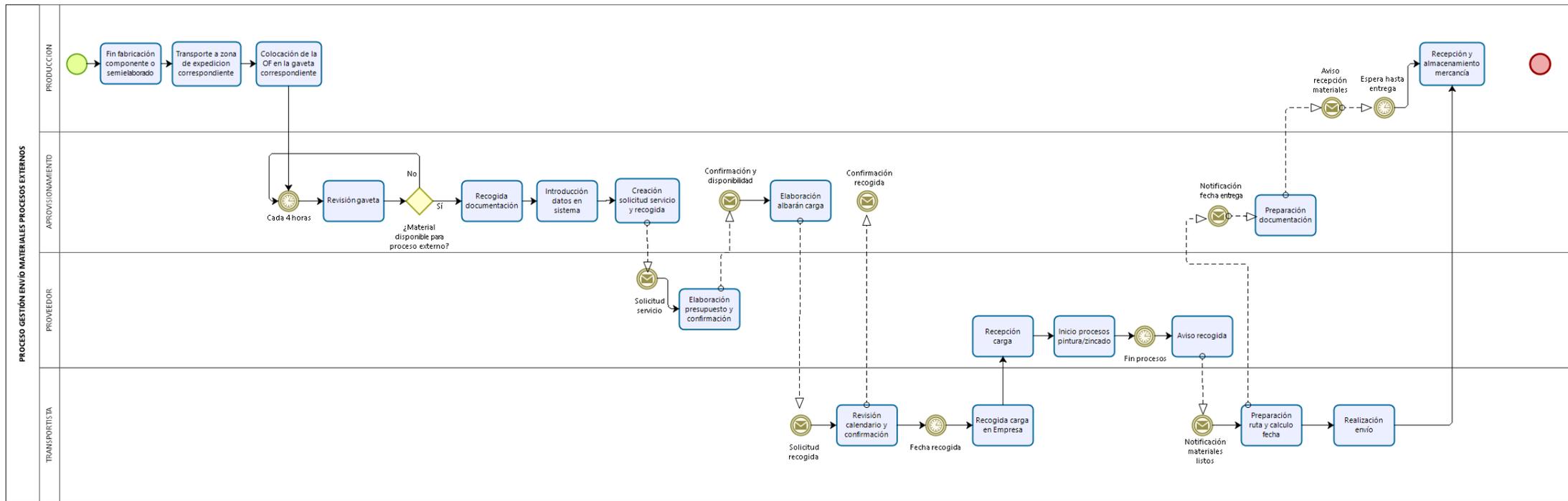


Ilustración 17. Detalle proceso gestión envío materiales a proveedor externo de pintura y zincado. Fuente: elaboración propia. Software: Bizagi Modeler

- Proceso anotación producto terminado. Con el método de fabricación actual, no es factible llevar un control estricto de la producción. El principal problema es que Tecnistage no es capaz de conocer el stock de producto terminado que tiene disponible en sus almacenes, lo cual es muy grave, ya que en ocasiones esto origina ordenes de fabricación para productos que posteriormente aparecen en alguno de los almacenes. Es básico por ello establecer un procedimiento que permita llevar un control del stock del producto terminado al menos, y que estos datos puedan formar parte del sistema Ofipro, cosa que sí que permite hacer con productos terminados. Tal y como se ha descrito el proceso de ensamblaje anteriormente, no todos los días se ensambla producto terminado. En muchas ocasiones el operario de este puesto prepara diversos semielaborados y componentes tales como barras telescópicas, las cuales debe montar y realizar los ajustes necesarios para cada juego. Por este motivo, al no lanzarse ordenes de ensamblaje, es una estación difícil de controlar. Además, teniendo en cuenta que, para la implantación del ERP, será necesario parar la fabricación durante unos días para realizar un inventario completo, detallando la cantidad de stock de cada componente, producto o semielaborado, y la ubicación en la que se encuentra, se debe buscar una solución sencilla. Para ello, teniendo en cuenta que este puesto no es el cuello de botella de la producción, el operario destinará una parte de su jornada laboral a realizar inventario únicamente de los productos terminados tales como torres elevadoras y los accesorios para las mismas. Posteriormente, se actualizarán los stocks en el software Ofipro, el cual reflejará las salidas tramitadas a través de los procesos de ventas de los productos. Para reflejar las entradas de material al almacén, el operario de ensamblaje reportará diariamente los productos terminados que ha ensamblado, la cantidad y donde han sido almacenados, para así poder realizar un seguimiento básico, del stock de producto terminado, que de nuevo será añadido a Ofipro por parte del departamento de aprovisionamiento. Esta sencilla propuesta, solventaría varios errores que se realizan en el proceso de comprometer pedidos actual, ya que además permitiría a los comerciales realizar una comprobación rápida del stock de cada producto.

Con la correcta realización de estos sencillos procesos, se podrá controlar el stock de todos los componentes externos necesarios para el montaje final de las torres, así como de todos los materiales provenientes del proveedor de pintura y zincado, los cuales son bastante difíciles de controlar, pues muchos semielaborados se guardan en diferentes zonas de almacenaje. Al tener el registro controlado, se evitarán un gran número de fabricaciones de semielaborados urgentes para poder pintar o zincar y que realmente había stock en uno de los almacenes externos.

4.6 Control tiempos

Aunque esta propuesta de mejora no podrá ser implantada hasta que no se pueda contar con el software ERP funcionando de manera correcta, es una mejor básica para poder comenzar a realizar un control preciso de la producción.

Tal y como se ha explicado con anterioridad, debido a la tipología de los procesos productivos llevados a cabo en esta empresa, no es muy factible realizar estudios de métodos y tiempos o aplicar otros métodos como el MTM-2. Principalmente este tipo de metodologías están destinadas a analizar trabajos y procesos con tiempos de ciclo cortos y siendo estos muy repetitivos. El problema aquí reside en que los tiempos de ciclo de muchas de las operaciones son muy altos. Esto es un gran obstáculo a la hora de realizar ese tipo de análisis. Además, al no tener ningún tipo de proceso definido, ciertos operarios realizan tareas fuera de las ordenes de trabajo que les son asignadas, como por ejemplo los operarios de las expediciones, los cuales son los encargados de realizar las cargas y descargas de las mercancías.

Por todo ello, y teniendo en consideración el estado en el que se encuentra actualmente la empresa, y que en ningún caso esta requiere ningún tipo de filosofía de producción just in time, no es necesario la realización de mediciones tan exactas. Por el contrario, bastaría con tener aproximaciones de las duraciones de cada uno de los procesos llevados a cabo durante el proceso productivo.

Es decir, lo verdaderamente importante en este caso es lograr una aproximación de los tiempos de ciclo de cada pieza y semielaborado producido por la empresa, para poder realizar escandallos y calcular tiempos de producción.

Para conseguir este objetivo, se implementará en el ERP módulo de control de la producción en el que, haciendo uso de paneles-pc, los operarios actualizarán los inicios y los finales de cada una de las ordenes de trabajo. Estas órdenes de trabajo serán creadas desde el propio ERP, y contendrán toda la información de ese semielaborado: referencia, procesos involucrados, y componentes o piezas necesarias (si lo son), entre otros campos.

La información de los tiempos obtenidos por el histórico de las anotaciones de los operarios, siendo poco precisa para los tiempos concretos de ciclos cortos o de ciclos en los que haya máquinas involucradas, como el caso de las máquinas CNC, los cuales podrían estudiarse mediante metodología MTM-2, será sumamente útil para estimar la media de los tiempos de ciclo de todos los procesos involucrados en la fabricación de un producto terminado.

Por lo tanto, el ERP recabará los datos de todas las fabricaciones mediante los datos de las ordenes de fabricación lanzadas y ofrecerá los datos de los tiempos medios de cada semielaborado y componente además del tiempo total del producto o accesorio. Este tipo de sistemas de medición del tiempo de proceso, basados en la media de tiempos históricos, se emplean con mucha asiduidad en empresas en las que se realizan actividades con tiempos de ciclo muy elevados y que a su vez aun teniendo restricciones de tiempo para servir a sus clientes, no trabajan en circunstancias de Just In Time. Por ejemplo, empresas del sector de la cosmética o de la fabricación de productos alimentarios procesados, utilizan este tipo de técnicas para obtener los tiempos de fabricación que se utilizan en el proceso de planificación de la producción.

Para una mejor aproximación, una vez se superen las cien primeras mediciones de cada referencia, el ERP deberá ofrecer un informe que se cargará semanalmente, en el cual aparecerán las ordenes de fabricación que se hayan alejado más de un 10% del tiempo medio estimado para dicha tarea. En esos casos, el departamento de producción deberá investigar la posible causa de ese retraso, y analizar si conviene descartar esa orden para que no afecte a la media, o si es algún tipo de contingencia cíclica que valga la pena contemplar.

Por supuesto, este sistema de medición no es en ningún caso un sistema de análisis del rendimiento de los empleados ni pretende serlo, pues se basa en un histórico de datos de unos procesos que, en la fase inicial del proyecto, no serán analizados. Si bien esto puede servir para detectar posibles fallos tales como herramientas defectuosas, o incluso rendimientos bajos puntuales por circunstancias anómalas de algún empleado, no es ese su objetivo. En cambio, sí que permite tener una idea muy válida a la hora de planificar la producción, pudiendo realizar estimaciones lo suficientemente buenas como para dar fechas aproximadas a los clientes de este tipo de negocios.

4.7 Escandallos producción

Hasta el momento la empresa únicamente disponía de escandallos y referencias de los productos terminados. Estos estaban realizados básicamente desde un punto de vista comercial. En ellos podían verse todas las referencias de productos terminados que estaban a la venta, es decir, las distintas torres con todos los diferentes accesorios disponibles para los clientes. También aparecían referenciados las piezas que podían ser solicitadas por encargo como repuestos.

El problema aquí es que los productos terminados, están compuestos por muchos semielaborados, y estos a su vez por muchos componentes, los cuales sufren transformaciones desde su estado inicial como parte de una barra o perfil de acero o aluminio, hasta su estado final, tras los distintos cortes y mecanizados realizados. Todos estos pequeños componentes que formaban parte de otros semielaborados mayores, no estaban referenciados ni detallados en ningún tipo de documento ni registro por parte de la empresa. Hasta el inicio del proyecto, cada operario tenía en su puesto de trabajo los planos de cada producto, y las medidas de los componentes involucrados, pero sin referenciar.

Estos planos estaban adaptados a cada puesto de trabajo, es decir, no eran los mismos planos para el mecanizado que para la soldadura.

Si bien es cierto que Tecnistage tiene pocos productos a la venta, y estos llevan mucho tiempo a la venta y con su diseño inalterado, es necesario realizar escandallos que detallen el flujo de proceso de cada uno de los materiales para poder implantar un sistema de gestión de los stocks en el ERP. Además, este escandallo es necesario también para poder realizar el BOM de materiales y el MRP.

Siguiendo los casos anteriores, las propuestas aquí descritas están enfocadas en solventar los problemas y contingencias más importantes a nivel organizativo de la empresa, y con ellas se busca lograr una correcta implementación del ERP. Esto permitirá que cuando se disponga de previsiones de ventas, pueda realizarse un Plan Maestro de Producción, y este a su vez asociarse a un MRP (Material Requirements Planning), que tomará los datos del escandallo que se detallará a continuación.

Para realizar este escandallo, se parte del análisis previo de todos los procesos de fabricación, y de las referencias de producto terminado y repuestos. Además, junto el hecho de referenciar todos esos componentes y detallar sus relaciones, se han analizado los planos junto con el departamento de diseño, y se han incorporado todas estas referencias, creando a su vez nuevos planos que forman parte de la base de datos de la empresa. Esto es muy importante, pues hasta ahora gran parte del “know-how” de la compañía recaía en ciertos empleados, lo que generaba grandes complicaciones si decidían abandonarla. De este modo, la organización dispondrá de una base de datos mucho más compleja, mediante la cual podrá incorporar personal nuevo de una manera mucho más sencilla, ya que no existirá esa pérdida de información que sí que sucedía anteriormente.

Hay que señalar que los códigos utilizados para referenciar cada componente no son los aplicados en el caso real, pero por motivos de confidencialidad no se han podido utilizar, por lo que se ha propuesto una alternativa sencilla, únicamente para que pueda verse el trabajo realizado, y las compatibilidades de las barras de las diferentes torres, especialmente las de la familia Zeus.

Los escandallos realizados de todas las torres elevadoras pueden verse en el Anexo 1, y tienen la función de servir de base, tanto para la correcta estructura de la información interna de la empresa, corrigiendo planos y otros documentos, hasta para el futuro ERP que necesitará nutrirse de esta información.

5. ERP

Una vez se ha analizado la situación actual de la empresa y se han realizado las propuestas de mejora para poder tener una correcta base sobre la que comenzar, se realizará un proyecto de implantación de un ERP. En la actualidad la empresa dispone de un software de control de la información llamado Ofipro. Este software, el cual es muy apropiado para ciertos tipos de negocios, sobre todo para los comercios de distribución o retail. El problema es que para una empresa de fabricación que controla todos los procesos productivos y pretende mejorar su sistema organizativo, este software no es suficiente debido a que tiene las siguientes limitaciones:

- a) Adaptabilidad limitada. Debido a que es un software relativamente asequible, tanto en coste como en aprendizaje por parte de los empleados, se ha buscado la máxima sencillez. Esto hace que sea muy difícil realizar cambios o ampliaciones sin contactar directamente con la persona que lo implantó, y aun así es un software cerrado que no permite muchos cambios. Esto hace que no pueda adaptarse a una empresa tan particular como esta.
- b) Poco margen de ampliación. En cierto punto del proyecto, se estudió la posibilidad de tratar de ampliar al máximo las capacidades de este ERP, tratando de adaptar las necesidades y los procedimientos para que pudieran ser gestionados por el software. No obstante, finalmente esto fue descartado ya que no tenía sentido realizar todo este proyecto y que el uso de un software que no era válido lo condicionase.
- c) Imposibilidad de ampliaciones futuras. Este software no permitía la opción de mejorar el sistema colocando paneles-pc en los puestos de trabajo para mejorar la gestión de la producción.
- d) Gestión del stock. Uno de los problemas más graves era la gestión del stock. El sistema no permitía la implementación correcta del escandallo de las referencias de la empresa, tal y como estaban planteadas. No permitía reflejar los distintos cambios de estado de los materiales, ni descontar correctamente la materia prima cuando era consumida.

Si bien algunos de estos problemas podrían haberse resuelto mediante una mejor implementación del software si en su momento se hubieran definido los parámetros correctamente. No obstante, a todos estos inconvenientes hay que sumar el hecho de que la base de datos del software Ofipro que se estaba utilizando, estaba totalmente corrompida. Los empleados que lo manejaban habían ido realizando anotaciones y cambios en campos que no eran correctos, creando nuevos ítems cuando ya existían ítems con ese nombre, además de contar con una cantidad enorme de información obsoleta. Para ello, antes de comenzar el proceso de selección de un ERP, hubo que realizar una limpieza de dicha base de datos, analizando más de 6.000 líneas de campos para clasificar la información que era relevante y que habría que introducir en el nuevo ERP, de la que no lo era. Se necesitaron más de 80h de trabajo para dejar la base de datos extraída de Ofipro lista para ser utilizada en otro ERP, debido a que la información correcta de cada contacto debía ser verificada y controlada por los responsables de ventas, lo cual hacía que fuese aún más lento dicho proceso.

Así pues, para lograr una correcta implementación de un sistema ERP que ayude a Tecnistage a controlar todo lo que sucede en la empresa, será necesario seguir los siguientes pasos. En primer lugar, se establecerán los objetivos de esta parte del proyecto. Posteriormente, se definirán los parámetros principales que el ERP debe controlar, así como su gestión. En siguiente lugar, se

estudiará el mercado en busca de empresas implantadoras de este tipo de software en Valencia. Este paso es muy importante, pues como se verá a continuación, cada empresa trabaja con un software distinto, y hay que valorar tanto la implementación del software adaptado a la empresa, como el propio software. Finalmente se acordará con la empresa elegida el plan de ruta, y se marcarán los plazos objetivos.

5.1 Objetivos

Con este proyecto Tecnistage tiene como principal objetivo lograr un grado de control alto de todos los procesos que ocurren dentro de la planta, pudiendo ser controlada por los propietarios de la empresa utilizando los datos obtenidos por el ERP. Esto es muy importante, ya que, en la actualidad, la gerencia de la empresa realmente no sabe los costes de fabricación unitario de cada uno de los productos, ni siquiera de manera aproximada. Tampoco tenían control de los tiempos de ciclo de los procesos. Por este motivo es muy importante lograr una correcta implementación del ERP, pues lograría dar visibilidad de todo lo que sucede en la fábrica, y control sobre toda ella, pues al tener algunas tareas tiempos de ciclo muy elevados, como las soldaduras o los montajes, no pueden ser detallados con estudios de métodos y tiempos o con análisis del tipo MTM-2. Para este tipo de empresa no tendría sentido hacerlo, pues con un control estadístico de los datos históricos valdría como punto de partida. Más adelante sí tendría lugar un estudio incisivo en cada uno de los puestos de trabajo, pero en la actualidad lo que la compañía requiere es visibilidad y control sobre el proceso productivo.

Por lo tanto, los objetivos que tiene la implantación de un software ERP son:

- **Control de la producción.** Como se ha dicho anteriormente, este punto es clave en este proyecto. En la actualidad todo depende de la experiencia de la gerente y de su conocimiento de la fábrica y de los trabajadores. El problema es que toda esa información es muy volátil, pues en la actualidad depende de diversas circunstancias, ya que hay mucha diferencia de experiencia y productividad entre los diferentes soldadores de la empresa, así como con los operarios de montaje. Estos puestos son claves para el tiempo total de fabricación, y si un pedido urgente no se le puede asignar a alguno de los operarios más experimentados, no se sabe hasta cuanto puede ascender el retraso porque no está reflejada dicha diferencia en ningún sitio. Además, al no tener establecidos ni siquiera los Lead Time, se hace muy difícil para los responsables de fabricación poder planificar la producción, pues las estimaciones o las mediciones individuales de las que se disponen no aportan la suficiente información. Es por ello por lo que es necesario que el software ERP esté diseñado de tal manera que permita aprovechar toda la información que se genera durante la producción, para establecer históricos con los que poder comenzar a planificar y a estandarizar los trabajos, sin tener que depender de la experiencia de la gerente. Esto además hace que así su conocimiento quede plasmado para que cuando ella se jubile, sus hijos, los futuros gerentes, puedan controlar la producción a pesar de no contar con su experiencia.
- **Gestión de stocks.** Actualmente Tecnistage maneja una cantidad bastante grande de producto acabado. Esto se debe principalmente a que realizan pedidos trimestrales de trusses a su proveedor GlobalTruss, el cual realiza los envíos en por transporte marítimo. Para aprovechar los envíos, se intenta cargar la máxima cantidad de material posible, a pesar de no realizar ningún tipo de previsión de demanda. Esto hace que periódicamente entren un gran número de referencias al almacén, el cual ya tiene artículos por vender que se van acumulando. Todo ello únicamente con el material que se importa para su distribución, pero sucede lo mismo con los productos que se fabrican, sobre todo con las torres elevadoras de

menor tamaño y los accesorios. Además, los trusses y accesorios fabricados por la empresa, totalmente compatibles con los de GlobalTruss, son en apariencia y en cotas idénticos a estos, por lo que la gestión de este tipo de particularidades es compleja. Es necesario que el ERP permita una correcta recepción y expedición de los materiales desde el almacén para evitar problemas en la gestión de este.

- **Control sobre los pedidos.** Muy ligado al control de la producción. Es importante que la gestión de los pedidos esté correctamente definida, de tal manera que todos los comerciales puedan conocer de una manera sencilla el estado de los pedidos de los clientes, así como la capacidad de la fábrica en caso de que tengan algún pedido urgente. Además, como las torres elevadoras se fabrican por lotes, muchas veces se da la circunstancia de que realizan diversos pedidos de los mismos productos, y conocer el ATP (Available To Promise), puede ser una gran ventaja si se mejora la comunicación entre los departamentos.

Estos son los objetivos fundamentales del proyecto. De nuevo hay que tener en cuenta que esta empresa no tiene ningún tipo de proceso definido, por lo que alcanzar estos objetivos básicos sería un gran salto para la empresa.

5.2 Parámetros

Una vez definidos los objetivos es necesario analizar que parámetros servirán de principales indicadores y darán la información clave que necesita Tecnistage para cumplir dichos objetivos. Como la empresa todavía no dispone de ningún tipo de sistema de gestión de la información, ni se han tenido nunca procedimientos de control de la producción, es necesario comenzar con los elementos básicos a controlar. Estos elementos servirán para establecer la situación inicial real de la productividad de la empresa, y permitirán crecer a partir de ellos, generando más y mejor información con la que seleccionar otros elementos a analizar. Por ello es muy importante que el ERP implantado sea fácilmente ampliable. Teniendo en cuenta esta situación, se han definido los siguientes elementos como los parámetros clave que debe poder gestionar el ERP, ofreciendo información precisa al respecto.

- **Gestión del stock.** En el ERP se deberán poder establecer niveles mínimos de stock para cada componente, lanzando avisos al departamento de aprovisionamiento en el caso de que se alcancen estos niveles. En la primera fase de la implementación de este software, no se desarrollarán los procedimientos para lanzar pedidos automáticos vía EDI a los proveedores, debido a que todavía no estarán los procesos definidos por completo y un empleado del departamento de aprovisionamiento revisará si es necesario o no lanzar pedido. No obstante, este sistema minimizará prácticamente a cero los retrasos en las entregas por falta de componentes o materias prima. Es clave por tanto que el ERP permita mantener el control del stock, así como todos los datos relacionados con el proveedor, lead time, y los datos logísticos.
- **Tiempos producción.** Como se ha dicho anteriormente, para este proyecto la empresa está haciendo un gran esfuerzo por conseguir cambiar su modelo de gestión y lograr un mayor control sobre sus operaciones. Para ello, además de las mejoras en los procedimientos, también se realizarán mejoras en cada uno de los puestos de trabajo, buscando una optimización de todos ellos mediante estudios de métodos y tiempos y aplicación de MTM-2. No obstante, antes de poder realizar eso, es necesario empezar a tener un cierto control y sobre todo datos de todo lo que está ocurriendo en la planta. Es por ello por lo que lo que debe ser capaz de gestionar el ERP en las fases iniciales del proyecto son los tiempos de ciclo de cada

una de las estaciones por las que se desplaza una pieza o componente semielaborado, los tiempos totales de ciclo del producto completo, el Dock-To-Dock, y los Lead Time.

- **Gestión producción.** Como se ha dicho anteriormente, con el control de los tiempos se pretende conseguir un mayor conocimiento del funcionamiento de la planta, para poder mejorar la planificación y gestión de la producción. No obstante, los datos del histórico de estos tiempos servirán como base para el análisis global de los rendimientos de los empleados y de cada uno de los puestos de trabajo. Lógicamente al no realizarse mediciones pormenorizadas de cada puesto, estos datos serán puramente comparativos, pero sí podrán detectarse desviaciones respecto a la media de los tiempos de trabajo, lo cual puede ayudar a detectar posibles problemas en alguna máquina o en alguna parte de la cadena productiva. Aquí es necesario que el ERP pueda gestionar el histórico de datos, ofreciendo tanto al responsable de producción, como a la gerencia de Tecnistage un resumen sencillo y relevante acerca del estado de la producción.
- **Comprometer pedidos.** Es fundamental que el ERP suponga una mejora clara en el proceso de comprometer pedidos. El departamento comercial es clave para la compañía, y más aún por ser el departamento desde el que trabajan los propietarios de Tecnistage. Es por ello uno de los objetivos de este proyecto es que este departamento pueda mejorar la forma en la que realiza sus procedimientos para lograr una mejor atención para los clientes. Un elemento que puede suponer un gran cambio en la forma de trabajar de la empresa es el ATP. El concepto de Available To Promise, permite conocer la cantidad de producto terminado no comprometida con ningún cliente. Este dato es muy importante cuando diferentes empleados del departamento comercial están en negociaciones con los clientes, ya que les permitiría conocer si se dispone de material acabado disponible para comercializar. Con este parámetro se evitarían errores de realizar pedidos sobre un stock ya comprometido y podría ayudar al departamento comercial a realizar ofertas más agresivas por productos que se han fabricado en lote y del cual queden unidades disponibles. En el caso del CTP (Capable To Promise) y del DTP (Deliver To Promise), estas no tienen cabida en este proyecto. En el caso del CTP de nuevo no es posible por el poco control que se tiene en la actualidad sobre la producción y la tipología del proyecto en el que se busca una puesta en marcha lo más rápida y sencilla posible, no obstante, se estudiará para la segunda fase de este. Para el DTP simplemente la empresa no tiene distribución propia, ni ningún acuerdo exclusivo con proveedores de este servicio.
- **Estado de los pedidos.** Es necesario que el ERP permita visualizar el estado de los pedidos de los clientes de una manera fácil y sencilla. Esto simplificará la tarea del departamento comercial y ayudará a estructurar mejor las operaciones para lograr entregar los pedidos en fecha. Aquí el ERP debe de ser capaz establecer los plazos de entrega de los pedidos en base a los tiempos de fabricación y el stock disponible de cada producto, gestionar la información del estado en el que están los diferentes pedidos, y avisar en el caso de que falte algún producto y peligre la fecha de entrega del pedido.

5.3 Búsqueda de la empresa implementadora y del software ERP

Tras haber analizado los parámetros que deben poder medirse mediante el software y conociendo los objetivos que Tecnistage desea cumplir con dicho programa, se establecen las necesidades que el software debe tener para poder valorarse como una opción. Cabe destacar que en el momento de iniciar la búsqueda de una empresa que implemente un software ERP, es básico tener en cuenta que no solo debe tener un buen plan de acción y personal cualificado para la elaboración de dicho plan, si no también deben utilizar un software adecuado para el propósito que se necesita. En concreto, el caso de Tecnistage es bastante particular, ya que es una organización de pequeño tamaño, pero con un control total sobre los elementos productivos, ya que no subcontratan ninguna tarea más allá de la obtención de la materia prima y de la pintura. Esto es importante, ya que las empresas que tienen un funcionamiento de este tipo suelen ser de un tamaño mucho mayor, por lo que disponen de muchos más recursos para adecuar el software y poder gestionarlo. Aquí tanto el software, como la gestión deben ser sencillos, ya que se dispone de un presupuesto para la limitado de 30.000€, lo cual es muy bajo para la implementación de este tipo de sistemas. Además, no se dispone de personal cualificado dedicado a la gestión y mantenimiento del ERP, por lo que este quedará en manos de los responsables de producción y diseño al ser los empleados con mayor experiencia en este tipo de software, pero no especialistas. Esto limita mucho el rango de acción del sistema y hace que el proyecto deba ser muy bien planteado y definido para que no existan contratiempos una vez implantado, ya que no podrán modificarse las bases de este sin contar con la empresa desarrolladora.

Así pues, independientemente de la empresa seleccionada para implantarlo, el software elegido debe cumplir las siguientes condiciones:

- **Ampliable.** Este punto es clave debido a que los procedimientos y el método de trabajo todavía no están definidos en su totalidad, tal y como se ha descrito anteriormente. Es cierto que se han mejorado respecto a la situación inicial, y que ya se encuentran en un punto considerablemente mejor. No obstante, debido a la juventud del proyecto y a la escasez de datos históricos y relevantes, serán necesarias diversas ampliaciones a lo largo del tiempo para acabar de ajustar el software y que cumpla con los nuevos requerimientos que vayan apareciendo.
- **Adaptable.** El software debe ser flexible de manera que permita realizar grandes modificaciones en la gestión de los procesos de la compañía. En concreto, el objetivo es que el software pueda crecer de manera proporcional a que lo haga Tecnistage, y que este pueda servir de apoyo operacional a pesar de que la empresa incremente su tamaño. Lógicamente estas modificaciones se harán a través de una compañía que opere con dicho ERP, pero el software debe de ser capaz de permitir dichas expansiones. Esto incluye futuros cambios en el modelo de negocio como la subcontratación de ciertos procesos o la incorporación de procedimientos externos tales como la pintura o el cincado. En definitiva, el software debe ser adaptable y dinámico.
- **Tecnológico.** En línea con el punto anterior, este ERP debe permitir ampliaciones, pero no solo relacionadas con la gestión de los procesos o el tamaño de la planta, si no también mejoras tecnológicas. Para este proyecto se estudiará la opción de implementar paneles-PC, que son ordenadores industriales montados en una caja de protección que los mantiene protegidos de los golpes y las radiaciones, los cuales incorporan una pantalla táctil en la que

el operario puede interactuar con el sistema. Lógicamente esta interacción se producirá a través de unas vistas y ventanas específicas para cada puesto de trabajo, adaptándose a las necesidades de cada uno de ellos. Por lo tanto, el software debe ser capaz de dar soporte a estos Paneles-PC, permitiendo diseñar un entorno personalizado para cada estación de trabajo, y conectado en tiempo real al resto del sistema, lo que permitirá lograr una gran mejora en cuanto al control de la producción. Este sistema podría servir para que los operarios indicasen directamente si ha habido algún problema en una orden de producción concreta, anotasen interrupciones debidas a fallos en la maquinaria, solicitasen consumibles directamente al departamento de aprovisionamiento, o realizasen ajustes sobre las cantidades en stock. Además de esto, el sistema debería estar preparado para operar con sistemas de códigos de barras o inclusive sistemas RFID, aunque la implementación de estos métodos de control quedaría pendiente para una futura mejora.

- **Facilidad de implementación.** Tecnistage tiene cierta urgencia en este proyecto, ya que los propietarios de esta quieren realizar un cambio de gerente y es necesario que el futuro gerente disponga de todos los datos necesarios para poder controlar la empresa sin la experiencia de su predecesora. Iniciar su andadura como gerente a la vez que se desarrolla este proyecto, supondría demasiada carga. Por lo tanto, el software debe ser fácil de implementar y disponer de los módulos necesarios sin necesidad de tener que hacer costosas ampliaciones sobre el producto original. Esto es muy importante, ya que existen multitud de ERP's que no integran el módulo de producción, por lo que debe ser desarrollado por la compañía implementadora del mismo, haciendo que las futuras ampliaciones tengan que pasar por dicha empresa. Seleccionar un software que ya incluya este módulo, simplificará enormemente la tarea, debido a que únicamente habría que realizar adaptaciones y mejoras sobre una base sólida y consistente, reduciendo los tiempos de implementación y el coste del mismo.
- **Centrado en el control de la producción y la gestión del stock.** Este es el pilar clave del proyecto, ya que es el punto más débil de esta Tecnistage. Si se consigue mejorar esos aspectos, la organización estará en una gran posición respecto a la competencia. Por lo tanto, el software debe de estar más centrado en todo lo relacionado con temas de producción y control de stocks. No obstante, esta es la parte más complicada, ya que cada compañía opera de maneras diferentes y se debe adecuar el software individualmente.
- **Soporte para e-Commerce.** El ERP tiene que ofrecer la posibilidad a los responsables del departamento comercial de vincular una plataforma de venta online en la página web de Tecnistage al sistema. Actualmente la gran mayoría de estos programas incluyen esta posibilidad, pero es importante destacarlo ya que el número de clientes que contactan directamente vía correo electrónico está aumentando mucho. Poder gestionar pedidos directamente a través de la página web, reduciría la carga de trabajo del departamento en tareas que no añaden valor, pues los pedidos vía correo electrónico actualmente se gestionan igual que los que se realizan mediante contacto telefónico, y con una buena plataforma de ventas, gran parte de esas tareas las podría realizar directamente el cliente.
- **Económico.** Posiblemente el factor diferencial para la gerencia de Tecnistage. Debido a que los propietarios de la organización entienden que necesitan llevar a cabo el proyecto, pero no son conscientes de la magnitud ni los requerimientos de este, se primará el aspecto económico en el caso de que haya

dos empresas que ofrezcan softwares similares a pesar de tener algunas debilidades frente al otro. Como se ha dicho anteriormente, el presupuesto inicial para el proyecto de implantación del ERP es de 30.000€, aunque será revisable en función de las opciones disponibles.

Una vez de definidos los objetivos que debe cumplir el proyecto de implantación, los parámetros que debe analizar, y los requerimientos del software elegido, es el momento de analizar las distintas opciones disponibles en el mercado. Para ello, se van a analizar únicamente empresas que ofrezcan servicios de ERP en Valencia, pues al no tener personal cualificado para la gestión de este, es importante que en caso de urgencia la empresa elegida pueda dar soporte técnico presencial de manera rápida. Además, teniendo en cuenta que el coste del proyecto es una de las claves para la gerencia de Tecnistage, el hecho de encontrar un partner que ofrezca estos servicios en la provincia, hace que se reduzca el coste por desplazamientos y dietas, lo que reducirá el coste del proyecto.

Teniendo esto en cuenta, comienza la búsqueda de empresas expertas en ofrecer servicios de ERP. Inicialmente puede verse que existen más de 15 compañías solo en la ciudad de Valencia, que disponen de estos servicios. El problema reside en que los ERP que ofertan están basados en softwares para empresas distribuidoras, hostelería o retail. Esto hace que no sean válidos para este proyecto, pues ofrecerían resultados similares a los que ofrece el software Ofipro del que ya dispone Tecnistage.

Finalmente, tras intensificar la búsqueda y realizar diversas entrevistas preliminares con algunas compañías, se encuentran tres empresas que ofrecen unos servicios que pueden ser compatibles con lo que se busca para este proyecto. A continuación, se detallan las características de cada una de ellas:

- **Infosystem**

Esta compañía cuenta con un software propio, el desarrollo del cual es gestionado por la propia empresa, realizando mejoras e implementaciones a través de lo que los clientes van solicitando. Es decir, si una empresa requiere de un nuevo módulo que dé soporte a la gestión del stock vía RFID, Infosystem actualizará su software para ofrecer esta solución, y quedará implementada en su ERP propio. Esto hace que siempre esté en constante crecimiento. No obstante, algunas empresas pueden no gustarles el financiar el desarrollo de un módulo o aplicación y que luego Infosystem pueda comercializarlo a otras organizaciones.

Cuenta con un gran número de expertos desarrolladores de software, así como con ingenieros especializados en la implementación de este programa, logrando una gran adaptación a la empresa que requiera de sus servicios. Infosystem ofrece un pack integral por el que realiza la tarea de consultoría de ingeniería previa, ajustando los procesos y la forma de trabajar de la empresa, para posteriormente implementar el software. Este hecho tiene ciertas connotaciones que es necesario evaluar.

- Todas las empresas implementadoras de este tipo de sistemas cuentan con expertos que pueden realizar labores de consultoría de ingeniería para organizar los procesos y las tareas de manera que se optimicen al máximo los beneficios de la implantación del ERP. Esto se debe a que la gran mayoría de empresas que contratan estos servicios a estos rangos de precios, normalmente no tienen una infraestructura creada que de

soporte y necesitan un paquete integral. Las grandes compañías pueden requerir únicamente la ayuda del personal especializado en la implantación del software y mejoras puntuales en ciertos métodos de trabajo. En el caso de Infosystem, se han especializado en ayudar a pequeñas y medianas empresas ofreciéndoles un servicio completo. Para el caso de Tecnistage, sería necesario evaluar hasta qué punto podría este servicio mejorar lo diseñado anteriormente, teniendo en cuenta el gran incremento en el coste del servicio.

- Por otro lado, el hecho de que Infosystem ofrezca este servicio integral, se debe a que el software que utilizan no es muy flexible. Al estar desarrollado por un equipo técnico pequeño en comparación con los grandes ERP's disponibles en el mercado, su labor no es solo la de diseñar pequeñas mejoras o implementar nuevas soluciones. Deben sostener el peso de la mejora constante del software. Por este motivo, al ofrecer el servicio integral, Infosystem puede dirigir ciertos procesos o realizar algunos cambios en el funcionamiento de la empresa para adaptarlo a su software, de tal manera que se facilite la implementación del mismo. Esto no es lo ideal, ya que debería ser al revés, y aunque en ciertas empresas puede funcionar bastante bien el hecho de ofrecer un pack integral, para el caso concreto de este estudio es necesario analizarlo con detenimiento.

Tras realizar las primeras reuniones analizando los requerimientos de Tecnistage y como Infosystem podría adaptar su software y que soluciones podría aportar a los problemas planteados por Tecnistage, Infosystem ofreció un primer presupuesto del coste del proyecto, valorado en unos 26.000€. Este precio incluía la revisión de todo el trabajo previo realizado con la mejora de los procesos para poder adaptarlos al software, además de la licencia del propio software y actualizaciones de este durante 2 años. Cabe destacar que la Infosystem ofrecía la posibilidad de tener el ERP en sus servidores propios, eliminando la necesidad de instalar un servidor en la planta y ofreciendo actualizaciones constantes, pagando unas cuotas mensuales en vez de realizar un único pago. Aunque este método de suscripción no convenció a la gerencia de Tecnistage, los cuales eran reticentes a tener sus datos confidenciales fuera de sus instalaciones, por lo que esta opción fue descartada.

- **Now Solutions**

Esta empresa trabaja con el software Microsoft Dynamics NAV. Este factor es totalmente diferencial pues el coste de la licencia es mucho mayor, pero también ofrece un programa muchísimo más potente, con una fiabilidad contrastada, y probado en muchos tipos de compañía distintos. De hecho, es uno de los softwares de ERP más utilizados en el mundo, sobre todo por las grandes organizaciones, lo que da una prueba de su gran valor.

Para el caso que se está estudiando, el tamaño y funcionamiento de Tecnistage, hace que este software pueda ser incluso excesivo para la organización. Es decir, ofrece módulos, características, y soluciones mucho más potentes de lo que requiere la compañía. No obstante, como se ha comentado anteriormente, el problema aquí es el módulo de producción, ya que los ERP de menor tamaño no suelen tener nada especializado en este aspecto, y hay que recurrir a adaptaciones específicas. En el caso de Microsoft Dynamics NAV, el mayor problema aquí sería

que se estaría infrautilizando todo aquello no relacionado directamente con la producción.

Por otro lado, Now Solutions es una empresa muy importante dentro del sector en Valencia y sus alrededores, realizando adaptaciones de su software a muchas de las grandes empresas que trabajan como proveedores de Mercadona. Por tanto, realizar este proyecto con esta compañía supondría un gran salto para Tecnistage. Now Solutions está acostumbrada a trabajar con Microsoft Dynamics NAV en empresas que ya disponían anteriormente de un sistema ERP, por lo que tiene grandes ventajas.

- En primer lugar, la migración de los datos de Ofipro no supondrá ningún problema. Por lo general esto siempre es así, pero en el caso de Infosystem era un poco más delicado. Microsoft Dynamics NAV ofrece una gran versatilidad, y permite importar archivos y tablas creados en Excel o Access con facilidad.
- Por otro lado, no tienen problema en adaptar el software a los nuevos requerimientos planteados por Tecnistage. Ofrecen ayuda como consultoría externa, tal y como ofrece Infosystem, pero además son capaces de realizar la implantación del sistema sin realizar esa parte, únicamente adaptando el software a los requerimientos.
- Además, la utilización de Microsoft Dynamics NAV hace que, si en un futuro se quiere cambiar de partner y probar con otra empresa que les ayude a gestionar este ERP, o incluso a adaptar nuevas funciones o tecnologías, no es necesario contratar a Now Solutions, ya que el software es independiente de la empresa.

Con Now Solutions el mayor inconveniente es el coste. Esta compañía es bastante grande y está muy profesionalizada, ofrecen un gran servicio con un producto destacado. Solamente el coste de las licencias ya es muy elevado, y este coste no es únicamente la inversión inicial, sino que hay que mantenerlo. Además, en el momento en el que Microsoft Dynamics NAV se actualice con nuevas mejoras, se tendrá que actualizar el sistema, comprando de nuevo las licencias y contratando los servicios de una empresa que lo implemente. El coste de este proyecto ascendería a unos 64.000€

- **InsideNet**

La última compañía es la más joven y pequeña de todas. InsideNet ofrece los mismos servicios que la otra empresa, tanto en la parte de consultoría de ingeniería como en la parte de implementación del software. Aunque a diferencia de Infosystem, InsideNet sí permite adaptar el ERP con el que trabajan al desarrollo ya realizado durante el proyecto de mejora. Esto es gracias a la flexibilidad que aporta Openbravo, el ERP con el que trabajan. Este software, basado en un entorno para navegador web, es moderno, adaptable y dinámico. Diseñado por un equipo de trabajo en Pamplona, Openbravo nace como alternativa a los ERP tradicionales como SAP o Microsoft Dynamics NAV, los cuales han crecido muchísimo y ofrecen grandes alternativas, pero lo hacen desde interfaces y sistemas de funcionamiento anticuadas. Es decir, en su programación y en su forma de trabajar, arrastran ciertos comportamientos derivados de las limitaciones iniciales de la tecnología, que actualmente comprometen ciertos procesos obligando a realizar costosas

adaptaciones de este. Openbravo por su parte ofrece una interfaz basada más sencilla y mucho más accesible para los usuarios menos avanzados, en la cual es fácil crear y añadir nuevos ítems e incluso campos a la base de datos. Para este proyecto, la base de datos utilizada pertenecería a Oracle, por lo que al coste de la licencia de Openbravo habría que sumar esta última. No obstante, el coste de ambas es muy inferior a las de las opciones planteadas por las otras dos empresas.

InsideNet es una organización bastante más pequeña que las dos anteriores, la cual asignaría en principio tres empleados al proyecto, siendo uno de ellos el gerente y responsable de la misma, una ingeniera de organización industrial que sería la encargada de dirigir el proyecto y coordinarse con el responsable del proyecto de Tecnistage, y un especialista en Openbravo que sería el encargado de llevar el peso de la migración de los datos y de la adaptación del software. Por lo tanto, es importante destacar los siguientes puntos:

- El pequeño tamaño de la empresa, comparado con las otras compañías analizadas, junto con el hecho de que sea relativamente joven, hace que gran parte de los recursos de InsideNet se destinen al proyecto, incluyendo su personal más capacitado. Tanto Infosystem como Now Solutions tienen clientes mucho más grandes, por lo que posiblemente para este proyecto no destinarían demasiados recursos.
- Gran parte del personal está muy ligado a la investigación y tienen vínculos con importantes organismos educativos, por lo que su forma de trabajar es muy cercana al ámbito académico. Esto hace que sea una empresa muy dinámica, lo cual refuerza el hecho de que puedan conseguir realizar un proyecto adaptable que permita un cierto crecimiento con el paso del tiempo, apoyándose en un ERP muy en la línea de todo esto.
- No obstante, Openbravo ha girado su modelo de negocio cada vez más hacia los pequeños comercios tipo retail, estrategias multicanal, y transformación digital. Esto se debe a que, una vez desarrollado su producto, este no puede implementarse de manera directa en situaciones como el presente caso o similares. Por este motivo, debe ser una tercera empresa la que lo implemente y lo mejore sobre la base de Openbravo. Para ampliar su negocio, conociendo que empresas como SAP o Microsoft con su software Microsoft Dynamics NAV estaban más enfocadas en las grandes empresas, aquellas con procesos y características que el ERP que habían desarrollado ya podía cubrir, decidieron girar hacia un nicho de mercado menos ocupado como es el de los pequeños comercios. A estos podrían comercializarles el software directamente listo para su implantación, sin necesidad de adaptaciones. En principio el ERP seguirá su desarrollo vinculado a las mejoras que vayan implementando sus partners y a los requerimientos que estos hagan, aunque es cierto que, en este sentido, Microsoft Dynamics NAV ofrece más garantías.

InsideNet además ofrecía la posibilidad de adaptarse a la gestión de las recepciones y las expediciones de material vía código de barras de una manera muy fácil y sencilla, haciendo también posible el uso de paneles-PC en la planta, simplemente adaptando la interfaz para los usuarios que utilizaran los operarios en cada puesto de trabajo. Por su parte, la propuesta de InsideNet era también la más económica, quedándose por debajo de los 20.000€, lo que hacía posible precisamente la adquisición de esos paneles-PC para el inicio del proyecto. Esto era muy interesante

para la gerencia de Tecnistage, aunque tenía el contrapunto de que esta implementación retrasaría la puesta en marcha del sistema al completo, ya que habría que definir y gestionar procedimientos más complejos de producción, sin los cuales el ERP no podría funcionar correctamente.

Tras estudiar detenidamente las distintas ofertas tres ofertas, se ha propuesto la utilización del método AHP (Analytic Hierarchy Process) para ayudar en la toma de una decisión. Este método desarrollado en la década de los setenta por Thomas L. Saaty, utiliza la comparación por pares para definir las contribuciones de cada elemento al objetivo que se quiere resolver en un problema de toma de decisiones. Para ello, el autor propone definir la importancia de los criterios en una escala de 1 a 9.¹⁴

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Tabla 13. Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980).¹⁵

Una vez definidos los criterios y las alternativas, el primer paso a seguir en la metodología del AHP es generar una matriz de comparación por pares, en la que se realice una comparación directa de la importancia de cada uno de los criterios. Así pues, se establecerán relaciones entre criterios que serán inversamente proporcionales entre sí.

Tras completar esa tabla, se calculará el vector propio de la matriz, los valores del cual establecerán cual es el peso de ese criterio.

Posteriormente, se definirán tantas matrices como criterios haya. En estas matrices se compararán las alternativas disponibles en función de cada uno de los criterios, y de nuevo se calcularán los vectores propios de dichas matrices.

Finalmente, se definirá una matriz con los vectores propios de las matrices anteriores, y se multiplicará por el vector propio de la primera matriz, la cual significaba el peso de cada criterio. Con esto se logrará un vector que establecerá el orden de las alternativas a elegir, siendo mejor la alternativa cuanto mayor sea el número obtenido.

Se ha elegido este método para este caso de estudio en lugar de otros métodos más complejos, ya que al ser un caso totalmente real en una empresa en la que los propietarios y la gerencia tomarán todas las decisiones y serán los que finalmente aprueben la selección del ERP, era necesario un método que fuese lo suficientemente asequible como para que pudieran ser partícipes del proceso. El AHP permite que personas no involucradas al proyecto o sin una visión global de su conjunto tan amplia como los desarrolladores del estudio puedan aportar información clave y entender los resultados de una manera muy simple y sencilla. El uso del software Promethee-Gaia en conjunción con el método del AHP, tal y como proponen los autores (Wang & Yang, 2006), hubiera sido una mejora en cuanto a la calidad de los datos obtenidos, pero al no

¹⁴ (Saaty, 1983)

¹⁵ (Yepes, 2018)

poder comprenderlo, la gerencia no se sentía cómoda utilizándolo y no querían basar la decisión en ese software. también se planteó la posibilidad de utilizar el software de apoyo a la toma de decisiones Superdecisions, pero la gerencia también lo descarto.¹⁶

Por todo esto, y teniendo en cuenta que por cuestiones de condiciones previas únicamente existen tres alternativas a analizar, el uso del Analytic Hierarchy Process parece muy apropiado para este caso, ya que lo interesante es poder analizar dichas alternativas desde criterios objetivos y ponderables, y poder tomar una decisión en base a unos criterios analíticos y no arbitrarios.

En base a los objetivos definidos para el proyecto y los parámetros que debería tener en cuenta el ERP, se han propuesto los siguientes criterios para la toma de decisión.

- Experiencia (C1). La gerencia de Tecnistage valorará mucho la experiencia previa y la gestión en proyecto anteriores de las distintas alternativas. Si bien este factor no debería ser determinante, pues en este tipo de proyectos cada implementación es totalmente diferente a la anterior, los propietarios necesitan ver resultados por lo que este criterio es importante. El haber realizado algún tipo de proyecto, o estar colaborando con alguna empresa importante o con un modelo de negocio similar, será un importante argumento a favor de esa alternativa. Es de tipo cualitativo.
- Coste (C2). El segundo criterio impuesto directamente por la gerencia de la empresa es también uno de los más importantes. Obviamente este criterio tiene un gran peso en este tipo de tomas de decisión, pero para Tecnistage es básico el coste, pues quieren intentar minimizarlo aun a costa de perder ciertas mejoras o limitar algunas posibilidades. Este criterio será de tipo cuantitativo.
- Enfoque hacia la producción (C3). El siguiente criterio, también de tipo cualitativo, hace referencia a la capacidad tanto del software, como de la empresa implementadora, de integrar el sistema dentro de la cadena productiva de la empresa, representando los procesos anteriormente definidos. Cuanto mejor sea el ERP en este campo, más control podrá tenerse de la producción y del stock en la planta.
- Tiempo (C4). El último de los criterios impuestos por la directiva es la velocidad en la implementación. Este tipo de proyectos suelen ser a largo plazo y tardar como mínimo 8 meses, siempre que sean casos de empresas bien estructuradas y que el proyecto tenga bastante personal dedicado. No obstante, de nuevo la gerencia busca una implementación lo más rápida posible, aunque dé lugar a errores o funciones que no puedan realizarse correctamente. Este escenario no es el ideal, pero será necesario comparar la velocidad de implementación de las distintas alternativas disponibles. Este criterio es de tipo cuantitativo.
- Adaptabilidad del software (C5). Aquí se hace referencia a la capacidad inicial del software para adaptarse a las características propias de Tecnistage. Es decir, todas las alternativas disponen de módulos propios de producción, si no serían consideradas alternativas, pero en unos casos está más desarrollado y probado que en otros. Aquí se ponderará positivamente los casos en los que dicho enfoque esté más desarrollado, ya que es la parte más difícil de controlar y la más necesaria para la empresa. Es de carácter cualitativo.
- Facilidad de uso (C6). Teniendo en cuenta que este ERP va a ser utilizado por todo el personal de Tecnistage, posiblemente incluso a los operarios de planta en el caso de que se realice la instalación de paneles-PC, es necesario que el

¹⁶ (Wang & Yang, 2006)

software sea accesible para cada uno de los puestos de trabajo. Por supuesto este programa tendrá un entorno adaptado en función del puesto, ya que los paneles-PC en el centro de trabajo de soldadura tendrán unos requerimientos distintos a los de la sección de expediciones. De igual modo, en las oficinas, los comerciales deben poder acceder a vistas específicas para ellos, pudiendo encontrar datos relevantes sobre la producción tales como el ATP, o el stock en tiempo real, de una manera sencilla. A su vez, este sistema debe ofrecer un control total a los empleados encargados de la gestión y la planificación de la producción, así como a la gerencia. Este criterio es de tipo cualitativo.

- Futuro desarrollo (C7). Otro de los aspectos clave es la facilidad que tenga el ERP para soportar futuras expansiones, cambios en los procesos productivos, o la inclusión de nuevas tecnologías no implementadas al inicio del proyecto tales como los paneles-PC anteriormente descritos, el uso de códigos de barras y pistolas lectoras para mejorar el control del stock de producto terminado, o la comunicación vía EDI con proveedores directamente desde el ERP. también es importante la independencia del software respecto a la empresa implementadora, puesto que, si esta desaparece, cambia su localización o tiene algún tipo de problema o contingencia, Tecnistage podría quedarse sin más alternativas que utilizar un ERP sin posibilidades de expansión o de realizar un cambio de ERP, lo cual es muy costoso.

Una vez definidos y explicados los criterios seleccionados, se realizarán las matrices necesarias para desarrollar el método AHP. Para lograr un mejor resultado, se han realizado dos escenarios en los que se han analizado las alternativas y los criterios, desde el punto de vista de la gerencia y desde el punto de vista de los ingenieros de producción y diseño de Tecnistage. Esto permite ver las diferencias en las ponderaciones de los criterios, y esta diversificación ayudará para saber si la solución propuesta es la más indicada o no, pues si en los dos escenarios se elige la misma alternativa, quiere decir que esa será la indicada.

En primer lugar, la gerente de Tecnistage junto con los otros propietarios, estaban centrados en conseguir el máximo ahorro posible en la inversión inicial, así como que el proyecto fuese lo más rápido posible. Para ellos estos puntos eran clave, y de ahí la importancia de contrastar los datos con más personal, ya que, al tener un mayor conocimiento de estos sistemas, los ingenieros de Tecnistage tenían en cuenta que son proyectos largos y que quizá ese aspecto no era tan determinante como el hecho de que fuese implementado correctamente. Es importante destacar que existen diferencias en los pesos de los criterios que son del tipo variables cualitativas, debido a que en los dos escenarios se contemplan las características desde puntos de vista totalmente distintos. Esto explica la diferencia obtenida en los resultados.

Así pues, en para el primer escenario, la gerencia estableció las siguientes comparaciones entre los criterios que puede verse en la siguiente tabla (tabla 14):

	Experiencia	Costes	Producción	Tiempo	Adaptabilidad	Uso	Futuro
Experiencia	1	1/7	1/3	1/3	7	7	7
Costes	7	1	5	5	9	7	7
Producción	3	1/5	1	3	5	5	3
Tiempo	3	1/5	1/3	1	7	7	5
Adaptabilidad	1/7	1/9	1/5	1/7	1	1/5	3
Uso	1/7	1/7	1/5	1/7	5	1	3
Futuro	1/7	1/7	1/3	1/5	1/3	1/3	1

Tabla 14. Matriz comparación y relación pesos de los criterios Escenario 1. Fuente: elaboración propia

Según el método AHP desarrollado por Thomas L. Saaty, una vez ponderado los pesos de los diferentes criterios entre sí, se calcula el vector propio, obtenido de normalizando la matriz anterior y calculando el promedio de los criterios, tal y como puede verse en la siguiente tabla (Tabla 15)

	MATRIZ NORMALIZADA							VECTOR PROPIO
Experiencia	0,07	0,07	0,05	0,03	0,20	0,25	0,24	0,1316
Costes	0,49	0,52	0,68	0,51	0,26	0,25	0,24	0,4205
Producción	0,21	0,10	0,14	0,31	0,15	0,18	0,10	0,1689
Tiempo	0,21	0,10	0,05	0,10	0,20	0,25	0,17	0,1555
Adaptabilidad	0,01	0,06	0,03	0,01	0,03	0,01	0,10	0,0355
Uso	0,01	0,07	0,03	0,01	0,15	0,04	0,10	0,0586
Futuro	0,01	0,07	0,05	0,02	0,01	0,01	0,03	0,0293

Tabla 15. Matriz normalizada de la matriz tabla 14. Fuente: elaboración propia

Tal y definió el autor del método, es importante comprobar la consistencia de la matriz obtenida. Para ello, se debe calcular el índice de consistencia de la matriz, y su ratio de consistencia. Estos se calculan mediante las siguientes ecuaciones:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Ecuación 1. Índice de consistencia¹⁷

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Ecuación 2. Ratio de consistencia¹⁸

En estas ecuaciones, λ_{max} es el máximo autovalor, n es la dimensión de la matriz de comparación (tabla 14), y RI es un índice aleatorio que se utiliza para indicar la

¹⁷ (Yepes, 2018)

¹⁸ (Yepes, 2018)

consistencia de una matriz aleatoria. Thomas L. Saaty los definió según el tamaño de dichas matrices en la siguiente tabla:

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabla 16. Índice aleatorio RI según el tamaño de la matriz¹⁹

Finalmente es necesario destacar, que para que la matriz se considere consistente, debe cumplir con los rangos definidos por el autor en la siguiente tabla:

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Tabla 17. Porcentajes máximos del ratio de consistencia CR²⁰

Para este caso, la ratio de consistencia RC es del 20,01%, lo que se considera como ligeramente superior. Esto puede ser debido a un error en la definición de los criterios por parte de los observadores.

Una vez definida la matriz de decisión de los criterios, se analizan las diferentes propuestas de las empresas que ofrecen los servicios de implementación del ERP, es decir las diferentes alternativas, en función de cada uno de los criterios seleccionados. Así pues, en las siguientes tablas pueden verse esas relaciones en el escenario 1, que representa el punto de vista de la gerencia de Tecnistage.

EXPERIENCIA	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	3	7	0,68	0,71	0,54	0,6434
N. S	1/3	1	5/1	0,23	0,24	0,38	0,2828
InsideNet	1/7	1/5	1	0,10	0,05	0,08	0,0738

Tabla 18. Matriz comparación alternativas en función del criterio C1. Fuente: elaboración propia.

COSTE	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	7/1	1/3	0,24	0,41	0,23	0,2946
N. S	1/7	1	1/9	0,03	0,06	0,08	0,0567
InsideNet	3/1	9/1	1	0,72	0,53	0,69	0,6486

Tabla 19. Matriz comparación alternativas en función del criterio C2. Fuente: elaboración propia.

PRODUCCIÓN	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	1/7	1/5	0,08	0,10	0,05	0,0738
N. S	7/1	1	3/1	0,54	0,68	0,71	0,6434
InsideNet	5/1	1/3	1	0,38	0,23	0,24	0,2828

Tabla 20. Matriz comparación alternativas en función del criterio C3. Fuente: elaboración propia.

¹⁹ (Yepes, 2018)

²⁰ (Yepes, 2018)

TIEMPO	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	1/3	3/1	0,23	0,22	0,33	0,2605
N. S	3/1	1	5/1	0,69	0,65	0,56	0,6333
InsideNet	1/3	1/5	1	0,08	0,13	0,11	0,1062

Tabla 21. Matriz comparación alternativas en función del criterio C4. Fuente: elaboración propia.

ADAPTABILIDAD	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	1/7	1/5	0,08	0,10	0,05	0,0738
N. S	7/1	1	3/1	0,54	0,68	0,71	0,6434
InsideNet	5/1	1/3	1	0,38	0,23	0,24	0,2828

Tabla 22. Matriz comparación alternativas en función del criterio C5. Fuente: elaboración propia.

USO	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	5/1	3/1	0,65	0,56	0,69	0,6333
N. S	1/5	1	1/3	0,13	0,11	0,08	0,1062
InsideNet	1/3	3/1	1	0,22	0,33	0,23	0,2605

Tabla 23. Matriz comparación alternativas en función del criterio C6. Fuente: elaboración propia.

FUTURO	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	1/9	1/7	0,06	0,07	0,05	0,0577
N. S	9/1	1	2/1	0,53	0,62	0,64	0,5955
InsideNet	7/1	1/2	1	0,41	0,31	0,32	0,3468

Tabla 24. Matriz comparación alternativas en función del criterio C7. Fuente: elaboración propia.

Al analizar los datos obtenidos en las tablas anteriores, puede verse que, para la gerencia de la empresa, la reducción de los gastos iniciales, la orientación hacia la producción del software y el tiempo de implantación, son los criterios más importantes para ellos.

Finalmente, ya solo queda unir los resultados obtenidos en las tablas anteriores en las que primero se ponderaban los pesos de los criterios y después se evaluaban las alternativas en base a esos criterios. Para ello, se realiza la siguiente operación: se forma una matriz con los vectores propios de las alternativas en función de cada criterio, y se multiplica por el vector propio resultante de la matriz de decisión de los criterios. De esta operación se obtiene el siguiente vector, el cual refleja los resultados finales del método AHP:

Infosystem	0,3030
Now Solutions	0,3148
InsideNet	0,3822

Tabla 25. Vector resultante de la aplicación del AHP escenario 1. Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior puede verse como según el análisis de los datos disponibles para la toma de decisión por parte de la gerencia, se ha obtenido que la mejor opción según la ponderación de los criterios establecida por ellos es la opción de InsideNet. Como puede verse en las tablas anteriores, aquí ha pesado mucho el factor económico, y el enfoque hacia la producción. No obstante, como el tiempo de implantación también es criterio muy importante para la gerencia, los resultados han quedado más parejos. Cabe destacar que la segunda mejor opción es la opción más cara, lo que se explica por el hecho de que tiene muchas de las características que requiere la empresa, pero su alto coste de implantación y mantenimiento, y las dudas de la gerencia acerca de su facilidad de uso, han hecho que no sea la mejor opción para ellos.

Para el segundo escenario, el equipo técnico de Tecnistage se reunió para analizar los criterios y deliberar acerca del peso ponderado de los mismos. Lógicamente se tuvieron en cuenta las limitaciones presupuestarias de la organización, así como su necesidad de implementarlo lo más pronto posible, pero se tomaron ciertas consideraciones diferentes. Se le dio mucha importancia a la capacidad del software de adaptarse a las propuestas y procedimientos ya establecidos, sin necesidad de tener que cambiarlos simplemente porque el software no es capaz de gestionarlos. Por supuesto el que estuviese orientado hacia la parte productiva era un aspecto clave. Finalmente, se le ponderó tanto las futuras ampliaciones como la facilidad de uso, aunque a un nivel inferior al del escenario 1, ya que se estimó que este hecho podría ser solucionado mediante formaciones, las cuales la gerencia quería evitar por temas de costes.

Así pues, en las siguientes tablas puede observarse como quedan la matriz de decisión de ponderación de pesos de los criterios, así como las diferentes comparaciones entre las distintas alternativas.

	Experiencia	Costes	Producción	Tiempo	Adaptabilidad	Uso	Futuro
Experiencia	1	5	1/9	3	1/9	5	7
Costes	1/5	1	1/7	3	1/7	3	1/3
Producción	9	7	1	7	3	7	5
Tiempo	1/3	1/3	1/7	1	1/7	3	1/3
Adaptabilidad	9	7	1/3	7	1	5	3
Uso	1/5	1/3	1/7	1/3	1/5	1	1/5
Futuro	1/7	3	1/5	3	1/3	5	1

Tabla 26. Matriz comparación y relación pesos de los criterios Escenario 2. Fuente: elaboración propia

	MATRIZ NORMALIZADA							VECTOR PROPIO
Experiencia	0,05	0,21	0,05	0,12	0,02	0,17	0,42	0,1498
Costes	0,01	0,04	0,07	0,12	0,03	0,10	0,02	0,0567
Producción	0,45	0,30	0,48	0,29	0,61	0,24	0,30	0,3807
Tiempo	0,02	0,01	0,07	0,04	0,03	0,10	0,02	0,0419
Adaptabilidad	0,45	0,30	0,16	0,29	0,20	0,17	0,18	0,2500
Uso	0,01	0,01	0,07	0,01	0,04	0,03	0,01	0,0277
Futuro	0,01	0,13	0,10	0,12	0,07	0,17	0,06	0,0933

Tabla 27. Matriz normalizada de la matriz tabla 26. Fuente: elaboración propia

En el escenario 2, la ratio de consistencia RC es del 21,25%, lo cual de nuevo vuelve a ser ligeramente superior y probablemente se deba a un error en la definición de los criterios por parte de los decisores.

De nuevo, una vez definida la matriz de comparación de ponderación de los criterios, se procede a analizar cada una de las alternativas en función a dichos criterios.

EXPERIENCIA	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	1	5/1	0,45	0,45	0,45	0,4545
N. S	1	1	5/1	0,45	0,45	0,45	0,4545
InsideNet	1/5	1/5	1	0,09	0,09	0,09	0,0909

Tabla 28. Matriz comparación alternativas en función del criterio C1. Fuente: elaboración propia.

COSTE	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	7	1/3	0,24	0,41	0,23	0,2946
N. S	1/7	1	1/9	0,03	0,06	0,08	0,0567
InsideNet	3/1	9/1	1	0,72	0,53	0,69	0,6486

Tabla 29. Matriz comparación alternativas en función del criterio C2. Fuente: elaboración propia.

PRODUCCIÓN	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	1/9	1/9	0,05	0,05	0,05	0,0526
N. S	9/1	1	1	0,47	0,47	0,47	0,4737
InsideNet	9/1	1	1	0,47	0,47	0,47	0,4737

Tabla 30. Matriz comparación alternativas en función del criterio C3. Fuente: elaboración propia.

TIEMPO	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	1/3	3	0,23	0,22	0,33	0,2605
N. S	3/1	1	5/1	0,69	0,65	0,56	0,6333
InsideNet	1/3	1/5	1	0,08	0,13	0,11	0,1062

Tabla 31. Matriz comparación alternativas en función del criterio C4. Fuente: elaboración propia.

ADAPTABILIDAD	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	1/7	1/9	0,06	0,03	0,08	0,0567
N. S	7/1	1	1/3	0,41	0,24	0,23	0,2946
InsideNet	9/1	3/1	1	0,53	0,72	0,69	0,6486

Tabla 32. Matriz comparación alternativas en función del criterio C5. Fuente: elaboración propia.

USO	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	7/1	3/1	0,68	0,64	0,69	0,6687
N. S	1/7	1	1/3	0,10	0,09	0,08	0,0882
InsideNet	1/3	3/1	1	0,23	0,27	0,23	0,2431

Tabla 33. Matriz comparación alternativas en función del criterio C6. Fuente: elaboración propia.

FUTURO	Infosystem	N. S	InsideNet	MATRIZ NORMALIZADA			V.PROPIO
Infosystem	1	1/5	1/7	0,08	0,05	0,10	0,0738
N. S	5	1	1/3	0,38	0,24	0,23	0,2828
InsideNet	7	3	1	0,54	0,71	0,68	0,6434

Tabla 34. Matriz comparación alternativas en función del criterio C7. Fuente: elaboración propia.

Con los datos de las tablas anteriores, se pueden obtener diversas conclusiones relevantes. En primer lugar, para los responsables del proyecto dentro de Tecnistage, tanto el enfoque hacia la producción como la capacidad de adaptación del software al trabajo previo realizado, son aspectos clave. Además, se ha valorado la experiencia de las alternativas propuestas, ya que para ellos el feedback proporcionado por estas empresas, parece haber sido más relevante.

Los resultados obtenidos mediante la metodología AHP son los siguientes:

Infosystem	0,1553
Now Solutions	0,3801
InsideNet	0,4641

Tabla 35. Vector resultante de la aplicación del AHP escenario 2. Fuente: elaboración propia.

Puede observarse que, en este caso, los resultados están mucho más definidos hacia la oferta de InsideNet, con Now Solutions como segunda opción. A pesar de ser el mismo orden que el anterior, el hecho de que se haya ponderado los criterios con mayor determinación, definiendo de manera clara los criterios clave, así como sus pesos, hace que la toma de decisiones sea más sencilla.

Ya que en ambos escenarios la opción preferente es la de InsideNet, Tecnistage los elegirá como partners para el desarrollo e implantación del ERP.

5.4 Implementación software ERP

Una vez seleccionada la empresa que realizará el desarrollo, ajuste e implantación del ERP, se procede a la realización de reuniones con InsideNet para concretar los pasos a seguir.

Tecnistage desea comenzar por el apartado de producción, el cual ya se ha visto en el presente trabajo académico, que es la parte menos controlada de todo el proceso. Si bien, esto era uno de los requisitos impuestos durante el proceso de selección, las implantaciones de sistemas ERP, requieren un trabajo previo antes de comenzar. Este trabajo previo, se ha resumido en cinco puntos principales por los cuales tendrá que ir pasando el desarrollo de este ERP. A continuación, puede verse el resumen de todos ellos.

- Revisión y migración base de datos. La primera etapa del proceso de implantación. Aquí lo importante es verificar los datos actuales del sistema Ofipro, analizar si es necesario realizar modificaciones, y migrar los datos a las tablas proporcionadas por InsideNet para que puedan implementarlas en Openbravo.

- Gestión inventario. Esta tarea puede realizarse, al menos una parte de ella, en paralelo a la anterior. Consiste en definir correctamente todos y cada uno de los posibles movimientos de las referencias existentes. Esto sirve para generar las bases de los sistemas contables y financieros del sistema.
- Parametrización procesos. En este punto, los responsables de realizar la implantación del software tendrán que ser plenamente conscientes de todos los procesos de fabricación, y de sus relaciones. Gran parte de todo el trabajo de este estudio académico está hecho para que, al llegar a este punto, se pueda implementar toda la situación de la empresa de la manera más cercana posible a la realidad. Esto facilitará todo el resto del proyecto.
- Comprobación y ajustes. Debe probarse el sistema para ver que efectivamente los datos recabados y la programación realizada coinciden con la realidad de la empresa.
- Revisión ampliaciones. Una vez se haya definido la estructura central del sistema, el equipo se centrará en lograr extraer el máximo partido a la aplicación con los datos y medios disponibles hasta el momento.

Una vez definidos esos pasos, se procede al desarrollo de los mismos.

5.4.1. Revisión y migración base de datos

Como ya se ha definido en el punto anterior, la primera tarea del proceso de implantación consiste en revisar la base de datos del sistema ERP existente, en este caso Ofipro, e intentar migrar todos los datos relevantes posibles.

Es muy importante recalcar esto último. Los datos deben de ser relevantes para que se puedan implementar en el Openbravo. No tiene sentido exportar la base de datos y cargarla en el nuevo ERP, sin realizar algunas comprobaciones sobre la misma.

Debido a que no Tecnistage no tiene personal cualificado ni formado para trabajar con Ofipro, se contactó con la empresa instaladora del mismo para que ayudase a los responsables del proyecto de implantación a exportar la base de datos. Esta exportación daría como resultado una serie de documentos en formato Microsoft Excel, a partir de los cuales se podría vincular o exportar directamente a las tablas proporcionadas por InsideNet.

Hay que tener en cuenta que, hasta el momento, únicamente la gerente, el resto de los propietarios, y el departamento comercial, habían tenido acceso a Ofipro, por lo que no se había podido valorar el estado de esos datos hasta ahora. Sin embargo, durante el proceso de descarga y análisis de estos, pudo verse que los datos implementados en Ofipro durante años, contenían muchos errores. No se habían estado respetando los campos definidos, ya que muchos de ellos no eran útiles para Tecnistage, o bien faltaban otros que algún usuario de Ofipro consideraba importante. Por este motivo, analizando la tabla extraída de los datos de clientes, podían encontrarse diversas direcciones de entrega o números de teléfono alternativos en campos tales como el destinado para la URL de la web del cliente, por ejemplo. Al investigar el origen de estas irregularidades, se descubrió los usuarios de Ofipro de Tecnistage veían que algunos campos para ciertos datos relevantes para ellos estaban en menús menos accesibles, y por ello utilizaban campos vacíos en la pantalla principal. Aquí puede verse una clara deficiencia en la implementación de dicho software, el cual no se adaptó al funcionamiento de la compañía, y también un ejemplo de porque es necesario formar a los empleados que van a utilizar el programa. Además, para evitar futuros errores, sería conveniente designar formato a los

campos, para evitar en la medida de lo posible, que campos numéricos sean ocupados por texto, mostrando un mensaje que haga ver al empleado que está cometiendo un error.

Estos problemas retrasaron mucho esta fase del proyecto, ya que los responsables tuvieron que volcarse en el análisis de los datos de los clientes para poder realizar una purga y eliminar los múltiples duplicados existentes, además de corregir todos los datos que estaban fuera de su campo correspondiente. De las más de 6.500 filas de datos exportadas a Excel, se limpiaron algo más del 45% de los campos, quedando el número de filas de clientes, proveedores, acreedores y empleados, en unos 2.650 campos.

Es necesario tener en cuenta que una vez filtrados y limpiados los duplicados, no era posible saber si el resto de los datos que aparecían en la tabla era correcto o no, sobre todo en los casos en los que existían dos datos para el mismo campo, solo que uno de ellos estaba mal implementado tal y como se ha mostrado anteriormente. En estos casos, era necesario que la gerente o el responsable del departamento comercial, revisasen personalmente estas incongruencias. Por este motivo se designaron reuniones semanales para poder resolver este tipo de dudas, que de otra forma no podrían resolverse, ya que solo ellos conocían los datos correctos. Este hecho retraso muchas semanas al equipo de implantación del software.

Tras conseguir que los datos obtenidos de Ofipro fuesen correctos y revisados, y pudieran migrarse para servir de base sobre la que construir la base de datos de Openbrevo, se acordaron los siguientes campos que eran necesarios para la exitosa migración de los datos, añadiendo algunos nuevos que responderían tanto a necesidades actuales no cubiertas, como a necesidades futuras. Estos campos quedarían ocultos para no ser corrompidos por algún otro usuario, tal y como sucedió en el caso anterior, y únicamente serían desbloqueados a través de una la configuración de uno de os usuarios prioritarios.

A continuación, se muestra una tabla con la clasificación de los campos designados para cada uno de los grupos de información que conformaran la base de datos. En ella pueden observarse algunos de los campos clave de los principales grupos de datos que se necesitan para conformar la base de datos del software ERP.

Es de vital importancia que estos datos sean completados correctamente, ya que, aunque podrán ser modificados con posterioridad, todo ello supondrá retrasos en el futuro. A pesar de esto, Tecnistage decidió no aumentar el personal disponible para la revisión de los datos, principalmente aquellos relacionados con los clientes y el departamento comercial. Por el tipo de procesos involucrados, esta situación es menos grave que si no se hubiera realizado esas tareas en otros departamentos, como el de producción. Una de las labores principales de este documento, ha sido precisamente la de conseguir la mayor cantidad de datos correctos en el apartado de producción para la implementación de dicho software.

CATEGORIA	CAMPO	TIPO DATO
Terceros	ID	Alfanumérico
	Nombre comercial	Alfanumérico
	Nombre fiscal	Alfanumérico
	CIF/NIF	Alfanumérico
	Número de cuenta	Alfanumérico
	IBAN	Alfanumérico
	Proveedor	Lista
	Cliente	Lista
	Acreedor	Lista
	Empleado	Lista
	Agente	Lista
	Riesgo	Numérico
	URL	Alfanumérico
	Último contacto	Fecha
Descuento	Numérico	
Notas	Alfanumérico	
Productos	Organización	Alfanumérico
	Nombre	Alfanumérico
	ID	Alfanumérico
	Descripción	Alfanumérico
	Categoría	Alfanumérico
	UPC/EAN	Alfanumérico
	Tipo	Lista
	Stock	Lista
	Compra	Lista
	Venta	Lista
	Familia	Alfanumérico
	Peso	Numérico
Altura	Numérico	
Categorías terceros	ID	Alfanumérico
	Nombre	Alfanumérico
	Grupo	Alfanumérico
Contacto terceros	ID	Alfanumérico
	Código postal	Numérico
	Ciudad	Alfanumérico
	Provincia	Alfanumérico
	País	Alfanumérico
	Teléfono	Numérico
	Email empresa	Alfanumérico
	Portes	Lista
	ID transportista	Alfanumérico
	Nombre contacto	Alfanumérico
	Cargo	Alfanumérico
	Departamento	Alfanumérico
	Email contacto	Alfanumérico
Teléfono 2	Numérico	
Tarifas	Nombre	Alfanumérico
	Moneda	Lista
	ID_Versión	Alfanumérico
	Fecha validez	YYYY-MM-DD
	Producto	Alfanumérico
	Precio venta	Numérico

Tabla 36. Ejemplo categorías y campos BBDD

Una vez completadas estas tablas, ya se puede iniciar la migración a la nueva base de datos de la que dispondrá Openbravo. InsideNet se encargará de la revisión de los datos, comprobando que no haya campos incoherentes ni con asignaciones de tipos de datos incorrectas. Finalmente, completarán la migración de los datos y el ERP ya estará listo para profundizar en su desarrollo.

5.4.2 Gestión inventario

Antes de poder avanzar hacia la parametrización de los procesos de fabricación, es necesario implementar correctamente todos los aspectos relacionados con la gestión del flujo de los materiales. Es decir, InsideNet debe comprender como funciona el proceso de comprometer pedidos, desde el primer contacto con el cliente, hasta que el producto final sale de las instalaciones de la empresa, para poder aplicarlo al software.

Para ello, se aprovechará la definición del proceso de comprometer pedidos analizada anteriormente, tomando la propuesta de mejora (ver apartado 4.4) como referencia del proceso. Esta información será compartida con InsideNet, y el responsable del proyecto les detallará todo lo necesario para que puedan realizar la implementación. Además, al poder compartir el proceso definido mediante la herramienta Bizagi Modeler, se minimizarán los errores de interpretación. Esta parte puede realizarse de manera paralela a la del apartado anterior.

Antes de comenzar las pruebas, InsideNet pidió a Tecnistage realizar un inventario de al menos el producto terminado disponible para comprometer, así como de los componentes que forman parte de los productos terminados, que no sufran transformaciones dentro del proceso productivo. Es decir, controlarán el stock de los componentes que entren desde un proveedor y sin ser manipulados, sean ensamblados en los productos, como por ejemplo los cabestrantes o las poleas, así como toda la tornillería. Debido a las negativas de la gerencia para realizar el inventario completo, pues habría que reducir mucho la producción durante al menos dos días, ya que nunca se había realizado uno antes, se decidió comenzar las pruebas únicamente realizando seguimientos a los componentes y productos terminados anteriormente descritos.

Así pues, una vez que se dispone de toda la información requerida para la migración de los datos, se inician las pruebas con una versión muy básica del software, con el objetivo de comprobar que el sistema es capaz de realizar el seguimiento del proceso de comprometer pedidos. Para ello, deberá generar pedidos de ventas utilizando los datos de los clientes de la base de datos, revisar el stock de producto terminado y de los componentes utilizados, descontarlos del stock actual, y realizar la preparación del albarán, así como toda la documentación necesaria para la entrega del producto.

En esta fase de la implantación, es básico que el ERP pueda gestionar correctamente las entradas y salidas de estos materiales, y que sea capaz de generar toda la documentación necesaria para la realización de la venta, a partir de los datos disponibles en la base de datos. En este momento también se personaliza todo lo relacionado con los documentos generados, pudiendo modificar las propuestas para las facturas y otros archivos, incluyendo imágenes, códigos QR, o cualquier otro tipo de información que solicite la gerencia.

5.4.3 parametrización procesos

Cuando la base de datos ya tiene lista toda la información necesaria, y el ERP ha mostrado que puede trabajar esa información a través del escritorio que propone Openbravo para el acceso de los usuarios, realizando gestiones de pedidos y de compra de material, es el momento de comenzar la parametrización de los elementos de producción.

Para ello, se realizarán una serie de reuniones enfocadas a que el equipo de trabajo de InsideNet, entienda por completo el funcionamiento de la planta de fabricación, así como todas las posibles opciones existentes. A las definiciones de los procedimientos de fabricación anteriormente descritos, se les añaden las tablas con los escandallos realizados en el proyecto, para que puedan migrarse a la base de datos de Openbravo. Aquí es muy importante la configuración de las referencias anteriormente comentadas.

En el caso real, Tecnistage dispone de un deficiente referenciado de los componentes, semielaborados, y productos terminados, totalmente diseñados desde el punto de vista comercial, haciendo que los códigos sean complejos y difíciles de trazar. No obstante, pese a que no son los apropiados para este tipo de sistemas productivos, al haberse definido todas las relaciones entre los elementos utilizados en la producción de los semielaborados y componentes manufacturados durante la realización de los diferentes escandallos, junto a los escandallos ya existentes de los despieces para el ensamblado, es posible realizar las listas de materiales. Mediante estas, en el futuro existirá la posibilidad de habilitar un módulo para la realización del MRP.

En este paso también se tomará la decisión de realizar una instalación de paneles-pc en los puestos de trabajo. Finalmente se ha optado por esta solución por el siguiente motivo. Es necesario conseguir un control del stock en todo el proceso productivo. El problema es que, por la tipología de los procesos llevados a cabo por los operarios, la mayoría de ellos artesanales es imposible imputar dichos procesos al sistema sin utilizar códigos de barras o etiquetas de algún tipo, lo que requeriría también de impresoras. Por lo tanto, la solución diseñada es la de contar con un panel-pc por cada puesto de trabajo, de tal manera que los operarios tendrán las siguientes opciones disponibles en el entorno que InsideNet específicamente para este proyecto:

- Recepción y edición de las ordenes de trabajo. A partir de la instalación del sistema, las ordenes de trabajo las recibirán los operarios a través de las pantallas. Además, podrán realizar anotaciones sobre las mismas, indicando las unidades obtenidas en el caso de que existan mermas en el proceso, y también podrán anotar las posibles contingencias ocurridas durante el trabajo. Los operarios también deberán realizar los inicios y finales de los trabajos a través de la aplicación.
- Vista de las tareas pendientes. Podrán ver las siguientes ordenes de trabajo en cola definidas por el usuario responsable de producción. Este podrá modificar la cola en tiempo real, y a los operarios les aparecerá una notificación para revisar la nueva cola.
- Solicitud de consumibles. Ya no será necesario que los viernes el departamento de aprovisionamiento vaya por la planta recogiendo las solicitudes de material escritas a mano por los operarios. A partir de la instalación de este sistema, cada operario tendrá un listado de los consumibles que requiere en su puesto de trabajo, y podrá solicitarlos a través del panel-pc.
- Comunicación con el responsable de producción. Podrán la atención del responsable a través de la aplicación, de una manera rápida y segura, sin tener que abandonar su puesto de trabajo.
- Modificación del stock. Aquellos puestos que tengan asociado un almacén intermedio tendrán la opción de realizar ajustes en los mismos, para reflejar cambios en el nivel de

inventario. Estos cambios aparecerán como alertas en el usuario del responsable de producción y deberán ser revisados.

De este modo, se puede lograr un correcto mantenimiento del control de todos los ciclos productivos llevados a cabo, sin necesidad de cambiar radicalmente los métodos de fabricación, buscando los máximos automatismos posibles.

A partir del momento en el que se instalen estos paneles-pc junto con el entorno Openbravo específicamente diseñado por InsideNet para este proyecto, será necesario que todos los procesos de producción se respeten, y no existan movimientos fuera del sistema, ya que esto provocaría descuadres. Para evitarlos se ha creado la opción de las modificaciones del stock, pero esto es algo que debe ser únicamente para solventar otro tipo de errores, y no debe utilizarse bajo ningún concepto como un recurso habitual.

Finalmente, el registro de los tiempos de fabricación de todas las ordenes de trabajo, mediante los controles de inicio y fin de tarea implementados en el sistema, servirán para crear un histórico de datos consistente y robusto, mediante el cual poder comenzar las tareas de diseño de un sistema de planificación de la producción. Estos datos también reflejarán el número de unidades de cada modelo fabricados por periodos, no solo las vendidas. Este dato, inexistente en la actualidad, podrá utilizarse para descubrir los niveles de rotación de inventario de cada uno de los productos terminados, pudiendo extraer conclusiones importantes más adelante.

5.5 Posibles problemas

Una vez desarrollados los elementos claves del proceso de implementación del ERP Openbravo, se van a analizar las posibles contingencias que pueden surgir durante el mismo. Si bien, como se verá más adelante, estos problemas son solventables de una manera sencilla, es necesario que se tenga consciencia y visibilidad de ellos desde un principio, pues si no será imposible para una organización tan pequeña como esta, el afrontar un cambio tan grande.

Así pues, en este apartado se detallarán las cuatro potenciales amenazas que existen para la correcta implementación del sistema.

a) Resistencia al cambio

El primer posible problema, parece ser quizá el más complicado de resolver. Hay que tener en cuenta que esta empresa lleva más de ocho años trabajando de la misma manera, y que siempre se ha hecho con una estructura organizativa muy clara, en la que la gerente asumía el total mando de la compañía, y se tomaban todas las decisiones a través de ella. Lógicamente, tanto la gerente como el resto de los propietarios deben mantener el control total de la empresa, pero tienen que hacerlo cediendo competencias al personal cualificado del que dispondrán, ya que ellos pueden ayudarles a alcanzar nuevos niveles de rendimiento más elevado.

Este hecho hace que todos los operarios tengan claro que al final las decisiones las está tomando una sola persona, por lo que existe cierta reticencia a este proyecto. En parte esto es debido a que anteriormente se intentaron sin éxito proyectos similares, igual de ambiciosos, pero con enfoques muy distintos. Este enfoque basado en la producción y adaptándose al máximo al entorno productivo de la compañía, hace que no pueda existir una comparación posible con los anteriores proyectos.

Por una parte, todo el personal de oficinas debe entender que es necesario un proceso de adaptación para el uso del nuevo ERP, ya que una vez que se implemente, todos los procesos y tareas deberán pasar por dicho software. Por lo tanto, durante las sesiones de formación programadas por InsideNet, este personal deberá de estar muy atento para aprovechar al máximo las sesiones, y dedicar tiempo para la lectura detenida de los manuales de trabajo.

Por otro lado, los operarios de planta tendrán que ser tratados con especial cuidado, ya que estos sistemas de control de la producción son muy susceptibles de crear confusión en los empleados, los cuales sienten que se les está vigilando y cuestionando su trabajo. Es necesario hacerles entender que la labor de este ERP es conseguir controlar todos los parámetros de la producción, recabando información acerca de la misma, que permitirá a los responsables del departamento de producción mejorar la eficiencia productiva, reduciendo los costes de fabricación.

Finalmente, los propietarios, tanto la gerente como el responsable del departamento comercial, deben entender correctamente los datos que les proporcione el ERP, y sobre todo confiar en no saltarse ninguno de los procesos. Si, por ejemplo, tienen una situación en la que un cliente necesita con urgencia un pedido, pero la fábrica está al límite de su producción, deberán mirar la lista jerárquica de los clientes, y a partir de ahí actuar en consecuencia. Por supuesto, la decisión final será de la gerente, pero sería necesario que limitase al máximo sus intervenciones para no interferir en las labores del departamento de producción ni saltándose los procesos de comprometer pedidos.

b) Procesos

Además del peligro de malinterpretar las funciones y tareas del ERP, es posible al comienzo de la implantación, se haga complicado para los operarios y demás empleados de la empresa utilizarlo correctamente, sobre todo en casos en los que aparezca algún problema.

Para ello es necesario hacerles entender que es preferible detenerse a solucionar dicha contingencia y seguir correctamente con el proceso, anotando en todo caso en la ficha de trabajo disponible lo sucedido, o incluso avisando al responsable. Si en caso de problema o error, para agilizar la producción deciden saltarse el procedimiento, eso generará futuros problemas que serán más costosos de resolver.

Por lo tanto, lo principal es conseguir que todos y cada uno de los empleados de la compañía, entiendan que este ERP va a generar un crecimiento beneficioso para la misma, aportando nuevas oportunidades. Además, ese control sobre los procesos hará que no haya posibilidad de malentendidos ni conflictos por errores en la producción derivados de saltarse alguna etapa productiva. Así pues, es necesario que se siga y respete el proceso a través del software ERP.

Como se ha dicho en el punto anterior, InsideNet dará la formación necesaria para el uso del sistema, pero es clave que todos los empleados tengan buena predisposición y eso pasa por hacerles partícipes del proceso.

c) Codificación escandallo

El sistema de codificación actual de las referencias está basado en los documentos comerciales que el departamento de ventas utilizaba para elaborar los presupuestos. Este

sistema poco consistente fue concebido al inicio de la compañía, momento en el que los propietarios no quisieron invertir en mano de obra cualificada e intentaron hacer por ellos mismos la mayor cantidad de trabajos posible. Si bien consiguieron un gran ahorro en ese momento, en la actualidad esto ha generado y generará cuando se implante el ERP, una gran cantidad de trabajo adicional para gestionar todas las referencias debido a que por el sistema de codificación empleado es difícil mantener la consistencia. Se basa en asociar a un componente final una referencia de cuatro dígitos, y añadirle un quinto que define el estado de ese componente. Este estado hace referencia a si es un componente que ya ha sido fabricado, si se compra de un proveedor externo, o define el material del que procede su materia prima.

El problema reside en que, si un componente que se compra a un proveedor externo sufre algún retrabajo dentro de la fábrica, entra en conflicto con el mismo componente fabricado dentro de la planta, pues hay que recordar que prácticamente todos los componentes a excepción de doblados o cortes de geometrías particulares, pueden hacerse en la propia factoría. En ocasiones se da la circunstancia de que se subcontratan ciertas operaciones por saturación de la planta, y en esos casos con el sistema de codificación actual, el ERP no podría mantener el control sobre dicho stock.

Esta debilidad ha sido comunicada a la gerencia, pero debido a la gran carga de trabajo que supondría para el departamento comercial, por el momento han preferido rechazar la opción de realizar una revisión de las referencias.

d) Control del stock WIP

El stock Work-In-Process, es la cantidad de un material que está produciéndose en el instante actual. Es muy importante conocer este dato, pues algunos sistemas ERP implementados de un modo no muy óptimo, tienen problemas a la hora de gestionar estos stocks, ya que no son ni stocks disponibles, ni cuentan como stock de la materia prima de la que provienen. Es decir, el problema está en cómo y cuando descontar la cantidad correspondiente de materia prima y sumarla al de componente terminado.

Aquí, lo ideal sería que en el momento en que se consume la materia prima, se descontase del inventario dicha cantidad, pero no entrase inmediatamente como stock del componente o semielaborado. Por el contrario, aquí se debería tener un campo que permita conocer la cantidad de material que está en proceso, es decir el stock WIP.

Este dato, evitaría errores de lanzar ordenes de trabajo sucesivas o en espacios de tiempo muy cortos, para fabricar un material que ya está en proceso. Además, podría revelar datos muy importantes como es el Dock-to-Dock. Este dato define el tiempo que permanece un componente o semielaborado esperando a ser procesado en uno de los diferentes puestos de la línea de producción, puede resultar muy útil para detectar niveles de stock o de lotes de fabricación no proporcionados o consecuentes con las necesidades reales.²¹

Realizar este control del inventario en curso es sumamente complicado, pues todos los operarios tienen que realizar los procesos correctamente e introducirlos adecuadamente en el sistema, lo que parece complicado de realizar en las circunstancias actuales. Como en los casos anteriores, la formación y el apoyo interno de la directiva, serán fundamentales para su correcto funcionamiento.

²¹ (Domingo, Alvarez , Melodía Peña, & Calvo, 2007)

6. Presupuesto

Este proyecto realizado en una empresa real, dedicada al sector de la fabricación de material para el montaje de escenarios, trusses, y accesorios necesarios para la realización de eventos y conciertos, ha requerido de una inversión importante a diferentes niveles.

Es importante conocer que el proyecto duró aproximadamente diez meses, antes de suspenderse debido a la situación actual derivada de la COVID-19. Las consecuencias en la empresa y en el sector al que pertenece, hizo que Tecnistage se acogiese a un ERTE que a día de hoy sigue manteniendo. Así pues, los costes aquí mostrados son los pertenecientes al proyecto hasta la fecha en la que quedó suspendido.

En primer lugar, al inicio del proyecto se realizó la contratación de un ingeniero de industrial, especializado en diseño. Este puesto había permanecido vacante durante más de medio año, situación que no era comprensible, pues está claro que es un puesto clave dentro de la organización. Si bien, la empresa estimó que, al tener la mayor parte de los diseños ya realizados, podrían contratar a un ingeniero industrial de perfil junior, con un ahorro significativo en sus honorarios. Además, únicamente estuvo disponible para el proyecto alrededor de un 20% del tiempo total.

En segundo lugar, Tecnistage contrató a un ingeniero de organización industrial como responsable del proyecto de reestructuración y mejora de procesos. De nuevo con perfil junior, a partir de aquí fue el inicio del proyecto en el que se retomó la idea de establecer un ERP. Como se ha dicho anteriormente esto había sido probado sin éxito por la empresa en años anteriores, pero al contratar a un responsable de proyecto en vez de confiar totalmente en una consultoría externa, pensaron que esta vez sí que funcionaría. La diferencia estaba en que ahora tendrían personal cualificado dentro de la empresa, que ayudaría a la consultoría a interpretar los datos y se coordinaría con el ingeniero de diseño para elaborar los despieces y mejorar los procesos.

Por otro lado, lógicamente se contrato a la consultora InsideNet, por sus servicios de implantación y desarrollo del software ERP Openbravo. Esta consultoría ofrecía un precio cerrado por unas horas de trabajo estimadas, las cuales podrían ser ajustadas en caso de necesidad por parte de Tecnistage.

Finalmente, se realizó la compra de diez paneles-pc para la implantación del sistema en los diferentes puestos de trabajo que existen en la planta de montaje. Estos tuvieron un coste significativamente menor, ya que se adquirieron como maquinaria usada a una multinacional dedicada a la fabricación de componentes auxiliares para la industria de la automoción ubicada en Almussafes.

Así pues, a continuación, puede verse el detalle de los costes para la empresa:

Gasto	Horas totales	Coste unitario	Coste total
Ingeniero Industrial Junior	320 horas	16€/hora	5.120 €
Ingeniero Organización Industrial Junior	1.600 horas	16€/hora	25.600 €
Licencias Software			3.000 €
InsideNet	290 horas	60€/hora	17.400 €
Paneles-PC		600€/unidad	6.000 €
COSTE TOTAL PROYECTO			57.120 €

Tabla 37. Resumen costes totales del proyecto

Este coste, no es alto para este tipo de servicios. Las implementaciones de ERP pueden llegar a costar millones de euros. La diferencia reside en el tamaño de la organización, y las personas dedicadas a ello, además del software empleado. Aquí, al elegir un software de coste razonable, y al emplear muchas horas a un responsable de proyecto de perfil junior para realizar las tareas que normalmente realizan equipos de trabajo enteros, Tecnistage obtuvo un gran ahorro.

En cualquier caso, la implementación del ERP detallada en este trabajo académico podría haber sido mucho más profunda y extensa, alcanzando cotas de control mucho mayores, pero que por la falta de personal y la escasa voluntad de la gerencia de invertir en un proyecto como este sin conocer muy bien cuales serían los resultados, hace que el coste sea bastante adecuado por los servicios recibidos.

7. Futuras líneas de evolución del proyecto

Durante el desarrollo de este documento, se han ido viendo diferentes puntos que podrían ser susceptibles de mejora para futuras mejoras. A continuación, se presentarán algunas de las más interesantes, sobre todo aquellas que permiten aprovechar los datos, hasta ahora inexistentes, obtenidos de la implantación del ERP.

Es necesario destacar que el haber elegido un software tan versátil como Openbravo, así como una empresa implantadora bastante joven y dinámica, ha dado como resultado una implementación que será versátil y ampliable con el tiempo, por lo que podrá crecer con la empresa.

Por tanto, los puntos que parecen más interesantes para mejorar a medio-largo plazo son los siguientes, pero que todavía no son aplicables en la organización:

- Reestructuración interna de los departamentos. Esta era la propuesta inicial, pero fue denegada por la gerencia. El motivo es que todavía no confiaban plenamente en esta nueva forma de trabajar y necesitaban un tiempo de adaptación. No obstante, pasado ese tiempo, el mejor modelo organizativo para Tecnistage, sería el siguiente. Se crearía un nuevo departamento de operaciones, el cual agruparía las tareas de producción, aprovisionamiento y diseño. Esta estructura facilitaría la labor de los departamentos anteriores, ya que se facilitaría la comunicación entre los mismos, y la conjunción de los objetivos. El departamento de diseño se separaría totalmente del departamento comercial, quedando especializado en las labores industriales necesarias para la planta de fabricación. Por otro lado, y de igual manera que en el caso anterior, los departamentos de comercial y marketing, se agruparían bajo un departamento superior llamado comercial, igual que en la mejora anterior, solo que aquí se hace hincapié a esa unión entre ambos departamentos. Finalmente, se crearía un departamento de nuevos desarrollos (sus siglas NNDD), totalmente independiente, que trabajaría con operaciones y con comercial, para explorar nuevas opciones para productos innovadores. La estructura propuesta para la empresa puede verse en la siguiente figura:

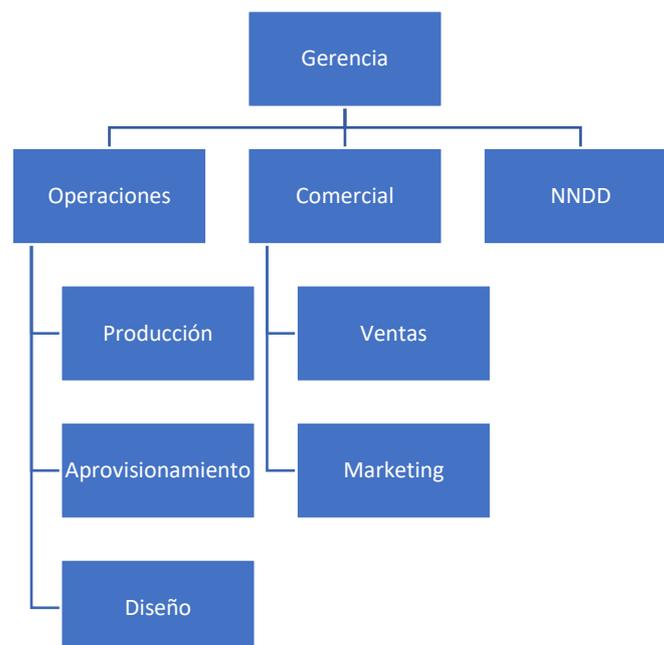


Ilustración 18. Representación organigrama futuro

- Revisión de las codificaciones para las referencias. Como ya se ha dicho anteriormente, este sistema está del todo obsoleto y es necesaria una renovación del sistema utilizado. Parece que la mejor opción sería emplear un código alfanumérico basado en alguna de las soluciones empleadas por alguna de las empresas líderes en los sectores de producción. Para ello, lo apropiado sería encargarle este proyecto al ingeniero de diseño de Tecnistage.
- Impresoras y lectores de códigos de barras. Parece que una buena solución para el problema del control del stock sería la utilización de sistemas de codificación internos por códigos de barras. Si bien es cierto que no podría aplicarse para todos los componentes, la mayoría de semielaborados si que son candidatos a clasificarse de este modo. Además, si se coordinase con el proveedor de pintura, este sistema podría aligerar mucho la carga de trabajo, pues ya simplemente haría falta escanear el código de barras de los materiales que entran y de los que salen.
- Simplificación gama de productos. En la actualidad Tecnistage dispone de la gama Odin y la Zeus para satisfacer las necesidades de los clientes menos exigentes. No obstante, algunos escalones de la gama más baja de la familia Zeus, tienen características similares a las de la Odin, sin embargo, los precios de venta son muy distintos, siendo mucho más cara la primera, ya que pertenece a una familia superior. Aquí el principal inconveniente esta en que las torres de Odin son mucho más caras de producir que las de la gama baja de la familia Zeus equivalentes, pues estas comparten gran parte de los componentes y semielaborados con las otras torres de la familia. Así pues, la propuesta consiste en eliminar las torres Z100 y Z125, así como la Z230, la cual a pesar de ser muy similar a la Z200 y a la Z300, sus características no difieren lo suficiente como para pensar que hay hueco para todas ellas en el mercado. Es preferible simplificar la gama en este caso. Para las torres Z100 y Z125, cuyas características son cercanas a las Odín, se prescindiría de las primeras por la gran portabilidad que ofrece la familia Odín. No obstante, es necesario revisar sus diseños y procesos de fabricación, pues parece que tiene unos costes muy elevados.
- Integrar módulos de previsión de la demanda, PMP y MRP. Una vez se consiga una correcta implementación del ERP, sería el momento de comenzar a buscar los siguientes puntos de mejora. El nuevo departamento de producción, aprovechando el software, podrá realizar grandes mejoras y propuestas una vez se analicen los datos obtenidos. No obstante, para maximizar los beneficios del ERP, y aumentar el control sobre la producción a la vez que se reducen los costes aumentando los beneficios, sería de mucha ayuda la integración de los módulos de previsión de la demanda, PMP, y MRP. Esto permitiría a Tecnistage lograr un modelo de fabricación totalmente en la línea del Lean Manufacturing, logrando una gran eficiencia en la producción.
- Cambio de MTS a ATO para ciertos productos. Actualmente Tecnistage quiere trabajar en un entorno de fabricación contra stock, ya que la gerencia se siente cómoda al ser un sistema relativamente fácil de controlar. No obstante, una vez implantado el ERP, podría estudiarse la posibilidad de realizar un cambio hacia un entorno Assemble-to-Order, mucho más eficiente en términos de costes, carga de trabajo y gestión del almacén, para las características de la producción de esta empresa. Además, se modificaría la ubicación del CODP alejándolo del ensamblaje final, lo que dotaría de agilidad y adaptabilidad al proceso²². Inicialmente, el cambio podría realizarse con la familia Odín, de la cual se subcontrata todo el proceso de corte y mecanizado de las barras. En estas, podría dejarse el material listo para ser ensamblado en un almacén cerca de la zona del ensamblaje final, y únicamente cuando haya un pedido del cliente, montar la torre. Este

²² (Cannas, Gosling, Pero, & Rossi, 2020)

cambio de entorno de fabricación proporcionaría a la empresa un mejor balance entre el nivel de inventario y el leadtime²³.

²³ (Liu, Xu, & Zhu, 2020)

8. Conclusiones

La realización de este interesante proyecto ha servido para que Tecnistage haya podido avanzar en su intento de lograr tener un proceso de fabricación controlado y eficiente. Además, la simplificación de las operaciones, así como el volcado del know-how de todos los empleados en dicho ERP, hará que el futuro gerente pueda dirigir la compañía de manera adecuada, a pesar de no tener la misma experiencia que la gerente actual.

No obstante, como se ha dicho anteriormente, este proyecto no ha sido completado, pues la situación de restricciones y confinamientos derivados de la pandemia mundial de la COVID-19, ha hecho que el proyecto quedase suspendido. En el momento de la redacción de este trabajo académico, no se sabe si Tecnistage retomará o no el proyecto, habiendo quedado la implantación del ERP sin completar. Además, el sector en el que opera la compañía no ofrece garantías para la mejora de la situación económica en el futuro.

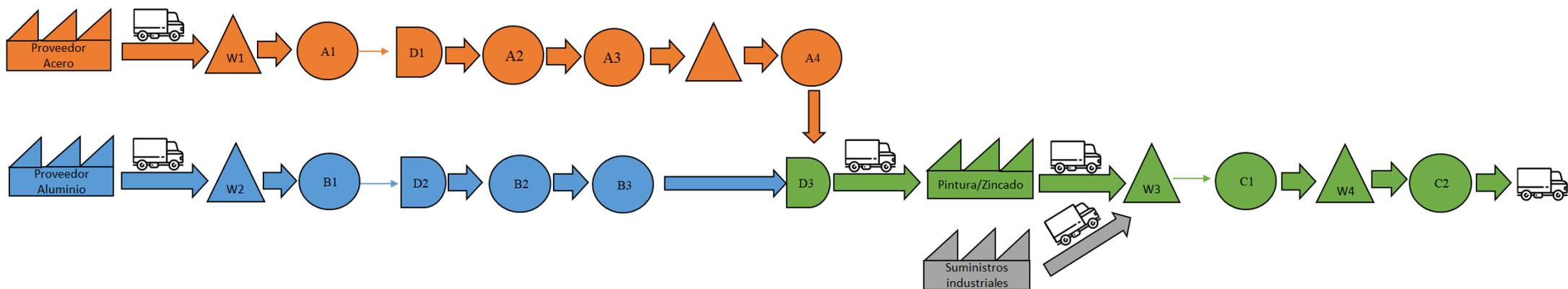
A pesar de todo ello, gran parte del proyecto sí ha quedado realizado, habiendo desarrollado gran parte de los aspectos necesarios para la implementación de un sistema ERP. Para el futuro, el mayor problema puede ser que nadie del equipo implicado que desarrolló el proyecto sigue en la compañía, y si no se recurre de nuevo a InsideNet, ciertos pasos habrá que repetirlos de nuevo para conseguir ese know-how que ya tenía el personal que desarrolló este proyecto.

Por otro lado, durante el desarrollo de este trabajo académico, se han trabajado herramientas para el análisis de la situación del entorno de la organización, ubicándola respecto de la competencia, se ha analizado la situación actual, proponiendo mejoras. Finalmente se ha desarrollado la implantación de un sistema ERP, que, si bien no ha podido llegar a ser implantado, los pasos definidos aquí son extrapolables y adaptables a cualquier otra empresa del sector de la manufactura, que desee implantar un software de este tipo.

Bibliografía

- Ashutosh, Sharma, & Ahmad Beg. (2019). Strategic analysis using SWOT-AHP: a fibre cementsheet company application. *Emerald Insight* .
- Audiovias*. (s.f.). Obtenido de <https://audiovias.com/alquiler/truss-photocall/>
- Cannas, V., Gosling, J., Pero, M., & Rossi, T. (2020). Determinants for order-fulfilment strategies in engineer-to-order companies: Insights from the machinery industry.
- Cheng, G., & Li, L. (2020). Joint optimization of production, quality control and maintenance for serial-parallel multistage production systems. *Elsevier*.
- Domingo, R., Alvarez, R., Melodía Peña, M., & Calvo, R. (2007). Materials flow improvement in a lean assemblyline: a case study. *Emerald*.
- Lecea, d. (2012). *Interempresas*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/100230-Taladrinas-un-caso-especial-de-gestion-de-aceites-usados.html>
- Liu, L., Xu, H., & Zhu, S. (2020). Push versus pull: Inventory-leadtime tradeoff for managing system variability. *Elsevier*.
- Peeters, K., & van Ooijen, H. (2018). Hybrid make-to-stock and make-to-order systems: a taxonomic review. *International Journal of Production Research* .
- Porter, M. (1979). How Competitive Forces Shape Strategy. *Harvard Business Review*.
- Saaty, T. L. (1983). Priority Setting in Complex Problems . *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*.
- Stageconcepts*. (s.f.). Obtenido de <https://stageconcepts.co.uk/product/>
- Tanhaie, Rabbani, M., & Manavizadeh, N. (2020). Applying available-to-promise (ATP) concept in mixed-model assembly line sequencing problems in a Make-To-Order (MTO) environment: problem extension, model formulation and Lagrangian relaxation algorithm.
- Viada*. (s.f.). Obtenido de <https://viada.net/blog/escenario-movil/>
- Wang, J.-J., & Yang, D.-L. (2006). Using a hybrid multi-criteria decision aid method for formation systems outsourcing.
- Webnode*. (s.f.). Obtenido de <https://eventos21.webnode.es/proyeccion/escenarios/>
- Yepes, V. (2018). Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>

Anexo 1



Anexo 2

Anexo 2.1 Escandallo ODIN 80

CODIGO	DESCRIPCION	UNID	SOLDADURA	DESCRIPCION	UNID
Componente V	Mástil	1	V11	Mástil barra mecanizada	1
			V12	Orejeta hierro 40x50, taladro 10,2mm	1
			V13	Orejeta hierro 40x50, taladro M6	1
			V14	Plancha cabestrante dos taladros	1
			V15	Tuerca M8	1
			V16	Tuerca M6	1
Componente W	Barra	1	W1	Barra de 40x40x2	1
			W2	Pletina Tope 46x46 barra de 40	1
			W3	Tuerca M10	1

Anexo 2.2 Escandallo ODIN PRO

CODIGO	DESCRIPCION	UNID	SOLDADURA	DESCRIPCION	UNID
Componente V	Mástil	1	V11	Mástil barra mecanizada	1
			V12	Orejeta hierro 40x50, taladro 10,2mm	1
			V13	Orejeta hierro 40x50, taladro M6	1
			V14	Plancha cabestrante dos taladros	1
			V15	Tuerca M8	1
			V16	Tuerca M6	1
Componente X	Barra 40	1	X11	Barra de 40x40x2	1
			X12	Pletina Tope 46x46 barra de 40	1
			X13	Tuerca M8	1
Componente Y	Barra 30	1	Y11	Barra de 30x30x2	1
			Y12	Casquillo de 40x40x2	1
			Y13	Pletina Tope 35x32,5 barra de 30	1
			Y14	Tuerca M10	1

Anexo 2.3 Escandallo ZEUS 100

CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID	SOLDADURA	DESCRIPCION	UNID
Componente R	Mástil	1	R1	BARRA	1	R11	Pletina 1 taladro desc. Para gatillo	1
						R12	Asa	1
						R13	Barra mástil 60x60x2x1460	1
						R14	Barra mecanizada mástil	1
						R15	Pletina 2 taladros descentrados	1
						R16	Orejeta de hierro	1
						R17	Plancha cabestrante	1
						R18	Orejeta de hierro	1
		R2	BASE	1	R2	Tubo 1 - 250 mm corte 45º extremos	4	
					R3	Tubo 2 - 150 mm taladro 22,2 mm	4	
					R4	Tubo 3 - 60 mm taladro 22,5 mm	4	
					R5	Casquillo hierro aro nivel	1	
					R6	Pletina hierro taladro 8,2 mm	4	
R3	TIRANTE	4	R7	Pletina hierro 40x6x280 corte ángulo	4			
Componente S	Barra telescópica 14	1				S11	Pletina 2 taladros	1
						S12	Pletina 1 taladro gatillo	1
						S13	Pletina mec 60x5x55	1
						S14	Macizo cuadrado 5x5x170	1
						S15	Pletina sin mecanizar 5x4x60	1
						S16	Barra mecanizada 50x50x2x1490	1
						S17	Barra mecanizada	1
Componente T	Barra telescópica 15	1				T11	Barra mecanizada	2
						T12	Barra mecanizada 40x40x2x1495	1
						T13	Pletina sin mecanizar 60x5x45	2
						T14	Macizo cuadrado 5x5x170	2
Componente U	Pata 3	4				U11	Tubo pata 40x40x2x750	1
						U12	Casquillo M14	1
						U13	Tapón en U	1

Anexo 2.4 Escandallo ZEUS 125

CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID
Componente J	Mástil	1	J1	BARRA	1	J11	Pletina 3 taladros M6	1
						J12	Asa	1
						J13	Barra mástil 70x70x2x1437	1
						J14	Barra mecanizada mástil	1
						J15	Pletina 2 taladros descentrados	1
						J16	Orejeta de hierro	1
						J17	Plancha cabestrante	1
						J18	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						J19	Orejeta de hierro	1
			J2	BASE	1	J21	Tubo 1 - 165 mm corte 45º extremo	1
						J22	Casquillo base para mástil con valona 50x50x2x150	4
						J23	Tubo 3 - 50 mm 80x80x50	1
						J24	Casquillo hierro aro nivel	1
						J25	Pletina hierro 60x4x45	2
J26	Casquillo apoyo bases	2						
J27	Casquillo encaje patas	4						
J3	TIRANTE	4	J31	50º y 40º extremos	4			
J4	PORTAPATAS	2	J32	Conjunto porta patas	2			
Componente O	Barra telescópica 11	1				O11	Pletina 2 taladros 40x4x30	1
						O12	Pletina sin mecanizar 60x5x65	1
						O13	Pletina mecanizada 60x5x65	1
						O14	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						O15	Barra mecanizada 60x60x1310	1
						O16	Barra mecanizada	1
						O17	Macizo hierro 5x5x170	1
Componente P	Barra telescópica 12	1				P11	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						P12	Pletina mecanizada 50x5x55	1
						P13	Macizo cuadrado 5x5x170	1
						P14	Pletina 2 taladros 40x4x30	1
						P15	Pletina sin mecanizar 60x5x15	1
						P16	Barra mecanizada 50x50x1313	1
						P17	Barra mecanizada	1
Componente Q	Barra telescópica 13	1				Q11	Pletina sin mecanizar 60x5x15	2
						Q12	Macizo 5x5x170	2
						Q13	Barra mecanizada 40x40x1330	1
						Q14	Barra mecanizada	1
Componente N	Pata 2	4				J11	Tubo 45x45x2	1
						J12	Barra pata 45x45x900	1
						J13	Casquillo roscado	1
						J14	Tapón en u	1

Anexo 2.5 Escandallo ZEUS 150

CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID
Compone nte J	Mástil	1	J1	BARRA	1	J11	Pletina 3 taladros M6	1
						J12	Asa	1
						J13	Barra mástil 70x70x2x1437	1
						J14	Barra mecanizada mástil	1
						J15	Pletina 2 taladros descentrados	1
						J16	Orejeta de hierro	1
						J17	Plancha cabestrante	1
						J18	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						J19	Orejeta de hierro	1
			J2	BASE	1	J21	Tubo 1 - 165 mm corte 45° extremo	1
						J22	Casquillo base para mástil con valona 50x50x2x150	4
						J23	Tubo 3 - 50 mm 80x80x50	1
						J24	Casquillo hierro aro nivel	1
						J25	Pletina hierro 60x4x45	2
						J26	Casquillo apoyo bases	2
						J27	Casquillo encaje patas	4
			J3	TIRANTE	4	J31	50° y 40° extremos	4
			J4	PORTAPATAS	2	J32	Conjunto porta patas	2
			Compone nte K	Barra telescópica 8	1			
K12	Pletina sin mecanizar 60x5x65	1						
K13	Pletina mecanizada 60x5x65	1						
K14	Pletina para gatillo 5 taladros	1						
K15	Barra mecanizada 60x60x2x1475	1						
K16	Barra mecanizada	1						
K17	Macizo hierro 5x5x170	1						
Compone nte L	Barra telescópica 9	1				L11	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						L12	Pletina mecanizada 60x5x65	1
						L13	Macizo cuadrado 5x5x170	1
						L14	Pletina 2 taladros 40x4x30	1
						L15	Pletina sin mecanizar 60x5x15	1
						L16	Barra mecanizada 50x50x2x1478	1
						L17	Barra mecanizada	1
Compone nte M	Barra telescópica 10	1				M11	Pletina sin mecanizar 60x5x15	2
						M12	Macizo 5x5x170	2
						M13	Barra mecanizada 40x40x2x1495	1
						M14	Barra mecanizada	1
Compone nte N	Pata 2	4				J11	Tubo 45x45x2	1
						J12	Barra pata 45x45x900	1
						J13	Casquillo roscado	1
						J14	Tapón en u	1

Anexo 2.6 Escandallo ZEUS 200

CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID
Componente A	Mástil	1	A1	BARRA	1	A11	Orejeta 40x80 6mm, taladro 12,2mm	1
						A12	Asa	1
						A13	Orejeta 40x80 6mm, 2 taladro	1
						A14	Pletina 1 plancha cabestrante	1
						A15	Pletina 2 plancha cabestrante	1
						A16	Barra mecanizada 120x120x3x1415	1
						A17	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						A18	Barra mástil 120x120x3x1415	1
			A2	BASE	1	A21	Tubo 1 - 209 mm corte 45° extremo	1
						A22	Casquillo base para mástil con valona 50x50x2x164	4
						A23	Tubo 3 - 50 mm 140x140x50	1
						A24	Casquillo hierro aro nivel	1
						A25	Casquillo encaje patas	4
						A26	Orejeta 92x40 5mm taladro 12,2mm	4
A3	TIRANTE	4	A31	50° y 40° extremos	4			
A4	PORTAPATAS	2	A41	Conjunto porta patas	2			
Componente G	Barra telescópica 5	1				G11	Pletina mecanizada 60x12x112	1
						G12	Pletina sin mecanizar 30x12x112	1
						G13	Barra mecanizada	1
						G14	Barra mecanizada 100x100x2x1473	1
						G15	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						G16	Macizo hierro 12x12x120	1
Componente H	Barra telescópica 6	1				H11	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						H12	Pletina mecanizada 50x14x94	1
						H13	Pletina sin mec. 50x14x94	1
						H14	Macizo hierro 14x14x120	1
						H15	Barra mecanizada	1
						H16	Barra mecanizada 80x80x2x1465	1
Componente E	Barra telescópica 4	1				E11	Pletina sin mec. 30x10x54	1
						E12	Pletina sin mec. 60x10x54	1
						E13	Macizo hierro 10x10x110	1
						E14	Tuerca	1
						E15	Barra mecanizada 45x45x1510	1
						E16	Barra mecanizada 45x45x2x1510	1
						E17	Tubo interior mecanizado 40Ø 1350mm	1
						E18	Tubo interior Ø40x1350	1
Componente F	Pata 1	4				J11	Tubo 45x45x2	1
						J12	Barra pata 45x45x900	1
						J13	Casquillo roscado	1
						J14	Tapón en u	1

Anexo 2.7 Escandallo ZEUS 230

CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID
Componente A	Mástil	1	A1	BARRA	1	A11	Orejeta 40x80 6mm, taladro 12,2mm	1
						A12	Asa	1
						A13	Orejeta 40x80 6mm, 2 taladro	1
						A14	Pletina 1 plancha cabestrante	1
						A15	Pletina 2 plancha cabestrante	1
						A16	Barra mecanizada 120x120x3x1415	1
						A17	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						A18	Barra mástil 120x120x3x1415	1
			A2	BASE	1	A21	Tubo 1 - 209 mm corte 45° extremo	1
						A22	Casquillo base para mástil con valona 50x50x2x164	4
						A23	Tubo 3 - 50 mm 140x140x50	1
						A24	Casquillo hierro aro nivel	1
						A25	Casquillo encaje patas	4
						A26	Orejeta 92x40 5mm taladro 12,2mm	4
A3	TIRANTE	4	A31	50° y 40° extremos	4			
A4	PORTAPATAS	2	A41	Conjunto porta patas	2			
Componente G	Barra telescópico 5	1				G11	Pletina mecanizada 60x12x112	1
						G12	Pletina sin mecanizar 30x12x112	1
						G13	Barra mecanizada	1
						G14	Barra mecanizada 100x100x2x1473	1
						G15	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						G16	Macizo hierro 12x12x120	1
Componente H	Barra telescópico 6	1				H11	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						H12	Pletina mecanizada 50x14x94	1
						H13	Pletina sin mec. 50x14x94	1
						H14	Macizo hierro 14x14x120	1
						H15	Barra mecanizada	1
						H16	Barra mecanizada 80x80x2x1465	1
Componente I	Barra telescópico 7	1				I11	Pletina sin mec. 50x14x74	2
						I12	Macizo hierro 14x14x120	1
						I13	Tubo 40x40x80	1
						I14	Tuerca	1
						I15	Barra mecanizada	1
						I16	Barra mecanizada 60x60x2x1495	1
Componente F	Pata 1	4				J11	Tubo 45x45x2	1
						J12	Barra pata 45x45x900	1
						J13	Casquillo roscado	1
						J14	Tapón en u	1

Anexo 2.8 Escandallo ZEUS 300

CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	DESCRIPCION	UNID
Componente A	Mástil	1	A1	BARRA	1	A11	Orejeta 40x80 6mm, taladro 12,2mm	1
						A12	Asa	1
						A13	Orejeta 40x80 6mm, 2 taladro	1
						A14	Pletina 1 plancha cabestrante	1
						A15	Pletina 2 plancha cabestrante	1
						A16	Barra mecanizada 120x120x3x1415	1
						A17	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						A18	Barra mástil 120x120x3x1415	1
			A2	BASE	1	A21	Tubo 1 - 209 mm corte 45° extremo	1
						A22	Casquillo base para mástil con valona 50x50x2x164	4
						A23	Tubo 3 - 50 mm 140x140x50	1
						A24	Casquillo hierro aro nivel	1
						A25	Casquillo encaje patas	4
						A26	Orejeta 92x40 5mm taladro 12,2mm	4
A3	TIRANTE	4	A31	50° y 40° extremos	4			
A4	PORTAPATAS	2	A41	Conjunto porta patas	2			
Componente B	Barra telescópico 1	1				B11	Pletina mecanizada 60x12x112	1
						B12	Pletina sin mecanizar 30x12x112	1
						B13	Macizo hierro 12x12x120	1
						B14	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						B15	Barra mecanizada 100x100x1473	1
						B16	Barra mecanizada 100x100x2x1473	1
Componente C	Barra telescópico 2	1				C11	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						C12	Pletina mecanizada 50x14x94	1
						C13	Pletina sin mec. 50x14x94	1
						C14	Macizo hierro 14x14x120	1
						C15	Barra mecanizada 80x80x1465	1
						C16	Barra mecanizada 80x80x2x1465	1
Componente D	Barra telescópica 3	1				D11	Pletina sin mec. 50x14x74	1
						D12	Macizo hierro 14x14x120	1
						D13	Pletina para gatillo 5 taladros	1
						D14	Pletina mecanizada 50x14x74	1
						D15	Barra mecanizada 60x60x1465	1
						D16	Barra mecanizada 60x60x2x1465	1
Componente E	Barra telescópica 4	1				E11	Pletina sin mec. 30x10x54	1
						E12	Pletina sin mec. 60x10x54	1
						E13	Macizo hierro 10x10x110	1
						E14	Tuerca	1
						E15	Barra mecanizada 45x45x1510	1
						E16	Barra mecanizada 45x45x2x1510	1
						E17	Tubo interior mecanizado 40Ø 1350mm	1
						E18	Tubo interior Ø40x1350	1
Componente F	Pata 1	4				F11	Tubo 45x45x2	1
						F12	Barra pata 45x45x2x900	1
						F13	Casquillo roscado	1
						F14	Tapón en u	1

Anexo 2.10 Escandallo VULCANO

CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	SOLDADURA	DESCRIPCION	UNID
Componente Z	BASE	1	Z1	Z11	Tubo rectangular 40x70x3, 480 largo	1
				Z12	Tubo rectangular 40x70x3, 480 largo	1
				Z13	Tubo rectangular 50x80x4, 180 largo	2
				Z14	Tubo rectangular 50x80x4, 170 largo	1
				Z15	Tubo rectangular 50x80x4, 170 largo	1
				Z17	Pletina Rodillo Base 40X6X135	2
				Z18	Tubo rectangular 50x80x4, 180 largo	1
				Z19	Pletina "L" mec. 90º 50x50x3 40 largo	1
				Z20	Pletina triangular	4
				Z21	Pletina inclinación base 10X3X40	1
				Z22	Dados 16x16x16	4
				Z23	Aro Nivel Burbuja	1
				Componente AA	PATA DEL.	2
AA12	Tapón hierro en "U"	1				
AA13	Casquillo 70mm largo	1				
Componente AB	PATA TRAS.	2	AB1	AB11	Tubo 70x40x2, 850 largo	1
				AB12	Tapón hierro en "U"	1
				AB13	Casquillo 70mm largo	1
Componente AC	CARRO	1	AC1	AC11	Carro AT plancha doblada	1
				AC12	Pletina polea Carro AT	1
				AC13	Tubo de 50, 435mm largo	1
				AC14	Pletina doblada en "U" 42x42	2
Componente AD	Porta patas	1	AD1	AD11	Pletina doblada en "U" porta patas AT	2
				AD12	Pletina mecanizada, 410mm largo	1
Componente AE	Brazo	2	AFE1	AE11	Tubo largo 50x50x3, 550mm largo	1
				AE12	Casquillo Brazo 60x60x4	1
				AE13	Pletina doblada en "U" 42x42	1

Anexo 2.11 Escandallo THOR

CODIGO	DESCRIPCION	UNID	CODIGO	CODIGO	DESCRIPCION	UNID
Componente AF	BASE	1	AF1	AF11	Tubo rectangular 40x70x3, 640 largo	1
				AF12	Tubo rectangular 40x70x3, 640 largo	1
				AF13	Tubo rectangular 50x80x4, 180 largo	4
				AF14	Tubo rectangular 50x80x4, 378 largo	1
				AF15	Pletina grande	1
				AF16	Pletina fresado 30x10x45	2
				AF17	Pletina Calib. (int. Base) 12x1,5x80	1
				AF18	Macizo 10x10x60	4
				AF19	Pletina triangular grande	2
				AF20	Pletina triangular pequeña	2
				AF21	Aro Nivel Burbuja	1
Componente AG	PATA DEL. Izq.	1	AG1	AG11	Tubo 70x40x3, 1790 largo	1
				AG12	Tapón hierro en "U"	1
				AG13	Orejeta pata	1
				AG14	Casquillo inclinado	1
Componente AH	PATA DEL. Der.	1	AH1	AH11	Tubo 70x40x3, 1790 largo	1
				AH12	Tapón hierro en "U"	1
				AH13	Orejeta pata	1
				AH14	Casquillo inclinado	1
Componente AI	PATA TRAS.	2	AI1	AI11	Tubo 70x40x2, 1145 largo	1
				AI12	Tapón hierro en "U"	1
				AI13	Casquillo 70mm largo	1
Componente AJ	CARRO	1	AJ1	AJ11	Carro HER plancha doblada	1
				AJ12	Pletina polea Carro HER	1
				AJ13	Tubo de 50, 520mm largo	1
				AJ14	Pletina doblada en "U" 42x42	2
Componente AK	Porta patas	1	AK1	AK11	Pletina doblada en "U" Porta patas AT	2
				AK12	Pletina mecanizada, 220mm largo	1
				AK13	Pletina sin mecanizar	2
Componente AL	Brazo	2	AL1	AL11	Tubo largo 50x50x3, 800mm largo	1
				AL12	Pletina mecanizada 50x80x5	1
				AL13	Pletina sin mecanizar 50x5x80	1
				AL14	Pletina sin mecanizar 80x5x50	2