



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

Agradecimientos

Quiero agradecer todo el esfuerzo y los consejos recibidos de todas las personas que he tenido a mi lado a lo largo de estos años.

En primer lugar, a mi familia. Especialmente a mis padres Miguel y Rosario por toda la educación y el cariño que me han dado, tanto en los momentos buenos como en los malos.

En segundo lugar, quiero mostrar mi agradecimiento a todos los profesores y profesoras que han participado activamente en mi educación y en mi formación profesional a lo largo de estos años, sobre todo a María Carmen González Cruz por su atención y dedicación constante a lo largo de la realización de este trabajo.

Y por último, a don José Gallach, vicepresidente de TECNIDEX, por su bondad, su disposición y su gran apoyo en la aplicación de este trabajo.

Índice General del Trabajo Fin de Grado

MEMORIA.....	6
PRESUPUESTO.....	102
PLANOS	

Índice de la Memoria

Capítulo I – Objeto y justificación	8
Capítulo II – Estudio del sector	10
II.1- Información general del sector agroalimentario	10
II.1.1 – Los retos del sector agroalimentario	10
II.1.2 – Características de la industria agroalimentaria	11
II.1.3 - La industria agroalimentaria en la Comunidad Valenciana y en España	11
II.1.4 – La postcosecha dentro del sector agroalimentario	12
II.2- La tecnología postcosecha de cítricos.....	13
II.2.1- Causas de pérdida de calidad en postcosecha	13
II.2.2- Manipulación en la línea de confección	15
II.2.3- Color externo. Tratamiento de desverdización.....	18
II.2.4- Aplicación de frigoconservación.....	19
II.3 – Motivación personal.....	24
Capítulo III – Descripción de la empresa.....	26
III.1- Introducción.....	26
III.2 – El sistema organizativo.....	27
III.3 – Instalaciones.....	31
III.3.1 – Mapa de emplazamiento	31
Capítulo IV – Análisis del sistema productivo	34
IV.1- El sistema productivo.....	34
IV.1.1 Disposición en la fábrica	34
IV.1.2 Proceso de producción de equipos	35
IV.2- Materia prima y componentes	36
IV.3- Descripción del producto.....	39
IV.4- Diagnóstico de la situación de la empresa	43

Capítulo V – Diagnóstico y optimización del sistema productivo	46
V.1- Introducción.....	46
V.2- Detalle de las problemáticas presentadas.....	49
V.2.1- Rotura de stock	49
V.2.2- Desajustes de inventario	52
V.2.3- Indefinición de los plazos de entrega	53
V.3- Conclusiones	56
Capítulo VI – Evaluación técnica de soluciones	58
VI.1- Evaluación del software de gestión (sistema ERP)	58
VI.1.1- Softwares ERP ofertados	62
VI.1.2- Elección del software ERP	64
VI.2- Descripción de sistema de gestión de almacén mediante dispositivos móviles PDA	69
VI.2.1- Introducción	69
VI.2.2- Especificaciones.....	69
VI.2.3- Funcionalidades.....	70
VI.2.4- Hardware, dispositivo móvil PDA	79
Capítulo VII – Evaluación económica de soluciones	80
VII.1 – Selección del proveedor.....	80
VII.2 – Inversión inicial de la instalación	82
VII.3 – Variables no controlables.....	83
VII.4 – Costes de operación.....	85
VII.5 – Simulación de la inversión y escenarios.....	85
VII.5.1 – Escenario optimista	86
VII.5.2 – Escenario neutro.....	87
VII.5.3 – Escenario pesimista	87
VII.6 – Valoración del proyecto	88
Capítulo VIII - Conclusiones	92
Referencias bibliográficas	96
Anexos	100

Capítulo I – Objeto y justificación

El presente trabajo tiene por objeto el estudio y análisis de la situación de una empresa perteneciente al sector agroalimentario, y más concretamente en el ámbito de la postcosecha de frutas. Se pretende aportar soluciones para la optimización de costes y tiempos en su línea de producción de equipos electromecánicos.

Para ello se describe la situación actual de la empresa, sus diferentes departamentos, y todo lo que se refiere a la línea de producción y ensamblaje de los equipos electromecánicos de aplicación de productos químicos fitosanitarios. Después se analizan con detalle algunos problemas detectados en base a la experiencia y a las indicaciones del director de operaciones de la empresa, para posteriormente describir las posibles vías de actuación con el objetivo de optimizar los costes y tiempos de la misma.

También se aborda un estudio de la viabilidad técnica de las medidas propuestas para decidir qué sistemas de gestión son más apropiados para la planta, los ámbitos en los que dichas propuestas van a mejorar la cadena de producción y, finalmente, un estudio de la viabilidad económica de la inversión.

La realización del trabajo es consecuencia de una propuesta de la dirección de operaciones de la empresa, que es consciente de la posibilidad de agilizar y acomodar esta línea de producción debido a las quejas de algunos clientes sobre el cumplimiento de plazos de entrega, y la falta de tiempo del personal encargado de la logística del departamento electromecánico, donde opera dicha línea.

También la dirección de operaciones busca confirmar la posibilidad de reducir los costes de producción y tiempos de ensamblaje, siempre manteniendo la calidad y operatividad de todos los equipos producidos, y garantizando la continuidad de los procesos de innovación que se llevan a cabo sobre los mismos.

Las opciones de optimización de la línea propuestas van en la línea de la incorporación en el sistema productivo de elementos pertenecientes a las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC'S), como un software de gestión actualizado, con las capacidades y prestaciones que se requieren en un sistema productivo como el que se describe, y la implantación de unos dispositivos móviles tipo PDA complementarios a dicho software que faciliten la gestión de la producción y los stocks de la cadena de producción de equipos electromecánicos para líneas de confección postcosecha de cítricos en centrales hortofrutícolas. Son propuestas basadas en otros modelos productivos similares, y con los que se ha contrastado los resultados satisfactorios. Dichas propuestas se evalúan con detalle en los Capítulos VI y VII, así como el proceso de selección del software de gestión, ya que se trata de una inversión económica importante y condiciona el funcionamiento de todo el proceso de producción de equipos electromecánicos de la empresa desde el primer momento de su instalación.

Capítulo II – Estudio del sector

En este capítulo se pretende dar una visión general del sector agroalimentario, y de la producción de productos agroalimentarios tanto en España como en la Comunidad Valenciana, ya que es en esta comunidad autónoma donde está ubicada la empresa objeto de estudio.

Después se expone una explicación de qué es y por qué existe la industria postcosecha dentro del sector agroalimentario. Qué implicaciones tiene la tecnología que se aplica en la misma, y finalmente la motivación de la realización del presente trabajo.

II.1- Información general del sector agroalimentario

El sector agroalimentario, entendido como el conjunto de las actividades extractivas, industriales y de comercialización, y de restauración supone el primer sector industrial en facturación y un importante generador de empleo en nuestro país. No sólo de manera directa, sino también en la creación de trabajo de la mano de empresas terceras, como las dedicadas al ámbito de la postcosecha, sobre las que trata el presente trabajo. La posición intermedia en la cadena alimentaria del sector agroalimentario lo convierte en un eslabón fundamental, ya que aporta valor añadido a la producción primaria y se sitúa como el principal consumidor del sector agrario.

Según los datos del Directorio Central de Empresas (DIRCE, 2016), el 1 de enero de 2016 había en España un total de 33.419 empresas registradas en la industria de la alimentación y las bebidas, lo que representa el 16,2% del total de la industria manufacturera. 27.221 empresas industriales de alimentación y otras 6.198 compañías en el sector de las bebidas. Es decir, cerca del 15% de todo el tejido industrial español (INE, 2016).

Se trata de una industria que, tras su integración en la Unión Europea, prácticamente ha triplicado las inversiones para no paralizar su desarrollo, dinámica que se sigue produciendo en este momento.

II.1.1 – Los retos del sector agroalimentario

La actividad económica agroalimentaria mantiene una tendencia al alza. Los últimos datos del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente indican que el sector generó unas ventas netas de 93.396 millones de euros y dio empleo a 353.965 trabajadores en 2014, lo que supone un 20,6% y un 18,2%, respectivamente, del total del tejido industrial.

Siguiendo con el análisis del informe del Ministerio, en 2015, el sector exportó 25.472 millones de euros, mientras que en 2010 la cifra se situaba en 17.400, lo que supone un crecimiento del 46,4%. Esto se traduce en 19.275.000 de toneladas, frente a las 13.167.000 que se exportaron en 2010. Según estos datos y de manera estimada, la exportación en 2020 podría situarse en las 20.000.000 de toneladas. (Informe Anual de la Industria Alimentaria Española, 2014-2015).

Otras de las preocupaciones de la industria del sector en este momento son la necesidad de potenciar el prestigio de la marca y la excelencia del producto. Las empresas alimentarias manifiestan cada vez mayor interés en incrementar la calidad a través de instrumentos de mejora de la gestión y de la eficacia. El incremento de las empresas que se han adherido a marcas de calidad, como denominaciones de origen o específicas o la obtención de la certificación según norma ISO 9000, ha sido constante durante los últimos años, y va a constituir una de las principales vías de evolución del sector.

La progresiva liberalización del comercio mundial y la apertura de mercados, tras los acuerdos de la Ronda de Uruguay del GATT, son los nuevos desafíos de la industria alimentaria. Aumentar el nivel de internacionalización del sector, y la inversión en activos productivos, es una necesidad acuciante para sostener el dinamismo de estas empresas.

II.1.2 – Características de la industria agroalimentaria

A diferencia de otros sectores industriales concentrados, el agroalimentario es un sistema difuso por todo el territorio nacional, fundamentalmente rural, y con largas cadenas de suministro plenamente globalizados (aceites, leguminosas, frutas, carnes, pescado, etc.).

Según el Informe Anual de la Industria Alimentaria del periodo 2014-2015 facilitado por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, de las más de 3 millones de pymes que hay en España, 199.483 empresas pertenecen al sector alimentario. De este conjunto, un total de 28.372 corresponden al área agroalimentaria, lo que se traduce en un 14,22% del área alimenticia.

Asimismo, la gran mayoría de las empresas del sector son pymes. Concretamente las que tienen menos de 200 empleados suponen el 99,1%. De manera desglosada, el 54,3% de las empresas de esta área tienen menos de 10 asalariados y el 25,9% son autónomos sin trabajadores a su cargo. Sólo el 2,6% tienen de 50 a 199 trabajadores y un 0,8% más de 200.

II.1.3 - La industria agroalimentaria en la Comunidad Valenciana y en España

En el Informe Agroalimentario del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) de febrero de 2017 se indica que en 2016 las exportaciones de productos agroalimentarios de la Comunidad Valenciana alcanzaron los 5.731 millones de euros, una cifra que representa un 20% del total exportado por la Comunidad. Según los datos extraídos, las frutas son los productos agroalimentarios valencianos más exportados, con un 52% de las exportaciones agroalimentarias, que junto con las verduras representan un 65% de las exportaciones agroalimentarias.

A lo largo de los últimos años, la evolución del comercio exterior ha seguido una tendencia al alza. Si en el año 1995 facturó 1.067 millones de euros, el pasado año 2015, últimos datos anuales, quintuplicó con creces el doble de la cantidad, situándose en 5.839 millones de euros.

En cuanto al tejido empresarial del sector en la Comunidad, en 2016, estaba formado por 2.485 empresas que correspondían al 7% de las empresas de este sector en España. Según los últimos datos del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE, 2017) la industria agroalimentaria representa aproximadamente un 11% de las empresas industriales totales de la Comunidad Valenciana y un 9% del empleo industrial y de la cifra neta de negocios.

Respecto al total nacional, la Comunidad Valenciana aporta un 7% de las empresas de la industria agroalimentaria española, un 8% del empleo y un 8% de la cifra de negocios de la industria agroalimentaria española. (Agroalimentario de la Comunidad Valenciana, febrero 2017).

EMPRESAS POR PRODUCTOS	ESPAÑA	CV	% CV/ ESPAÑA
10 INDUSTRIA DE LA ALIMENTACIÓN	27.221	2.153	8
101 Procesado y conservación de carne y elaboración de productos cárnicos	4.626	294	6
102 Procesado y conservación de pescados, crustáceos y moluscos	837	79	9
103 Procesado y conservación de frutas y hortalizas	1.715	195	11
104 Fabricación de aceites y grasas vegetales y animales	1.841	125	7
105 Fabricación de productos lácteos	1.809	104	6
106 Fabricación de productos de molinería, almidones y productos amiláceos	564	67	12
107 Fabricación de productos de panadería y pastas alimenticias	11.585	894	8
108 Fabricación de otros productos alimenticios	3.211	360	11
109 Fabricación de productos para la alimentación animal	1.033	35	3
11 FABRICACIÓN DE BEBIDAS	6.198	332	5
TOTAL ALIMENTACION Y BEBIDAS	33.419	2.485	7

Tabla 1 - Tipos de empresas por productos del sector agroalimentario.
Fuente: Informe Agroalimentario de la Comunidad Valenciana (IVACE, 2017)

II.1.4 – La postcosecha dentro del sector agroalimentario

Dentro del sector agroalimentario se sitúan las empresas dedicadas a los tratamientos postcosecha. Cualquier proceso (químico, físico, etc.) a que se sometan los productos hortofrutícolas una vez recolectados son, por definición, tratamientos postcosecha.

La invención y el desarrollo de las técnicas de tratamiento postcosecha para frutas y hortalizas son una garantía para su consumo saludable, así como una solución para la correcta conservación de este tipo de alimentos. Desde tiempos inmemoriales se han intentado retrasar los efectos de envejecimiento y degradación de frutas y hortalizas, caracterizados por un empeoramiento del estado físico (deshidratación, pérdida de peso, arrugamiento, cambio de color, podrido, etc.) unido a una pérdida de propiedades organolépticas y nutricionales debido al metabolismo de los propios frutos. Estos efectos han podido neutralizarse por medio del empleo de fitosanitarios como ceras, recubrimientos y fungicidas principalmente, así como la aplicación de tratamientos con atmósfera controlada o cámaras de desverdización en centrales hortofrutícolas.

Con la expansión de los mercados y la liberalización y globalización de la economía también ha cobrado gran importancia el desarrollo de las técnicas de envasado y almacenamiento de los productos hortofrutícolas, con el objetivo de que puedan ser transportados de manera segura y correctamente conservados, ya sea durante un largo trayecto como almacenados en destino. Es en el grupo de empresas que desarrollan y comercian con esta tecnología donde se centra el estudio de este trabajo.

II.2- La tecnología postcosecha de cítricos.

A continuación se expone con detalle en qué consiste y qué etapas requiere el tratamiento postcosecha en cítricos, que es la principal fuente de negocio de la empresa en la que está basado el presente trabajo.

II.2.1- Causas de pérdida de calidad en postcosecha

Las pérdidas de calidad de los cítricos durante el proceso de tratamientos postcosecha, en ocasiones, son consecuencia de factores que condicionan la precosecha: climáticos, nutricionales, estados de madurez, etc.

Entre los factores postcosecha se encuentran las reacciones metabólicas que llevan a la senescencia y cuya velocidad, representada en la intensidad respiratoria, resulta claramente afectada por la temperatura. Las reacciones constatadas pueden ser descenso de acidez, vitamina C, proteínas, firmeza, aumento de etanol y color y pérdida de características organolépticas.

En los frutos cítricos, se ha citado que la principal causa de deterioro fisiológico es el estrés de agua producido al separarse de la planta madre por la transpiración y falta de reposición. En el caso de mandarinas se agrava más esta situación al ofrecer el fruto una alta relación superficie/volumen y menor espesor de corteza que facilitan la deshidratación. La transpiración causa desecación, arrugamiento y ablandamiento, además de acelerar la senescencia, siendo mayor con las altas temperaturas y baja humedad ambiente.

Las podredumbres son también un factor que limita la vida de los cítricos, ver Figura 1. Algunos estudios que se han realizado en diferentes campañas de comercialización han identificado a los hongos responsables del podrido con los siguientes porcentajes: *Penicillium digitatum* (55-80%); *Penicillium italicum* (2-30%); *Alternaria citri* y *A. alternata* (8-15%); *Botrytis cinerea* (8-20%); *Colletotrichum gloeosporioides* (2.5-6%); *Geotrichum candidum* (2-3%); *Rhizopus stolonifer* y *R. oryzae* (1-3%); *Phytophthora citrophthora* (1-2%). En otras zonas con veranos lluviosos pueden aparecer podredumbres pedunculares como *Diplodia natalensis* y *Phomopsis citri*.

Todos los fungicidas autorizados son eficaces en mayor o menor medida contra *Penicillium*, mientras que contra *Alternaria* solo procloraz, contra *Geotrichum* solo OPP y guazatina, contra *Phytophthora* solo fosetil y contra *Botrytis* solo tiabendazol. Estos fungicidas pueden usarse en drencher o en pulverizaciones a bajo volumen.



Figura 1 - Naranja sana y naranja con *penicillium digitatum*.
Fuente: blogs.universal.org/renatocardoso

Suele utilizarse ortofenil con detergente durante el lavado, o en baño. En las ceras se utiliza habitualmente tiabendazol o imazalil. Los límites máximos de residuos armonizados y las sustancias activas autorizadas en el ámbito de la Comunidad Europea son procloraz (10 ppm), metiltiofanato (5 ppm), tiabendazol (5 ppm), microbutanil (3 ppm), imazalil (5 ppm), ortofenilfenol (12 ppm) y procloraz (10 ppm). Actualmente se suelen aplicar materias activas combinadas; por ejemplo la combinación guazatina+procloraz+ortofenilfenol, con un amplio espectro de control fúngico y la capacidad de combatir las cepas resistentes a benzimidazoles o imidazoles. Se usa ortofenilfenol+guazatina+imazalil para naranjas y mandarinas, así como para limones. No obstante se debe contar con que algunas cadenas de supermercados exigen la reducción de los valores de residuos de forma considerable, y la limitación del número de fungicidas aplicables en postcosecha, circunstancias que empiezan a generar cierta problemática.

Algunos tratamientos de tipo físico contribuyen a la reducción de residuos químicos. El crecimiento de patógenos o la germinación de esporas se ven reducidas por las bajas temperaturas, aunque el crecimiento significativo de *Alternaria*, *Botrytis* o *Penicillium italicum* puede observarse todavía a 0°C. La utilización de una temperatura de conservación de -10°C, necesaria para garantizar la ausencia total de crecimiento microbiano, resulta incompatible con el mantenimiento de la actividad vital del cítrico, condición necesaria para ser considerado como fruto fresco. La resistencia fisiológica al ataque microbiano mejora con el enfriamiento ya que retrasa la senescencia del cítrico, lo cual contribuye al mantenimiento de un mayor contenido en sustancias antifúngicas (fitoalexinas). Algunos tratamientos con ozono, luz ultravioleta UV-C a pulsos, calor, etc., son posibles alternativas para la lucha antifúngica.

Algunas alternativas viables para reducir la aplicación de fungicidas sintéticos podrían ser el uso de microorganismos antagónicos (bacterias o levaduras), o las sustancias químicas de baja toxicidad (cloro, sorbatos, sales de carbonato y bicarbonato, etc).

El manejo postcosecha inadecuado puede llevar también a alteraciones fisiológicas como la oleocelosis, necrosis peripeduncular, aclaramiento estilar en pomelos, adustiosis en limones, necrosis estilar en limas, daños mecánicos, químicos y daños por baja temperatura en el almacenamiento.

II.2.2- Manipulación en la línea de confección

La manipulación postcosecha tiene entre sus objetivos preservar la calidad desde el momento de la recolección hasta el consumo, aplicando normas y recomendaciones.

El manejo postcosecha de frutos cítricos para la exportación puede representarse según un esquema general de operaciones, representado en el siguiente flujograma:

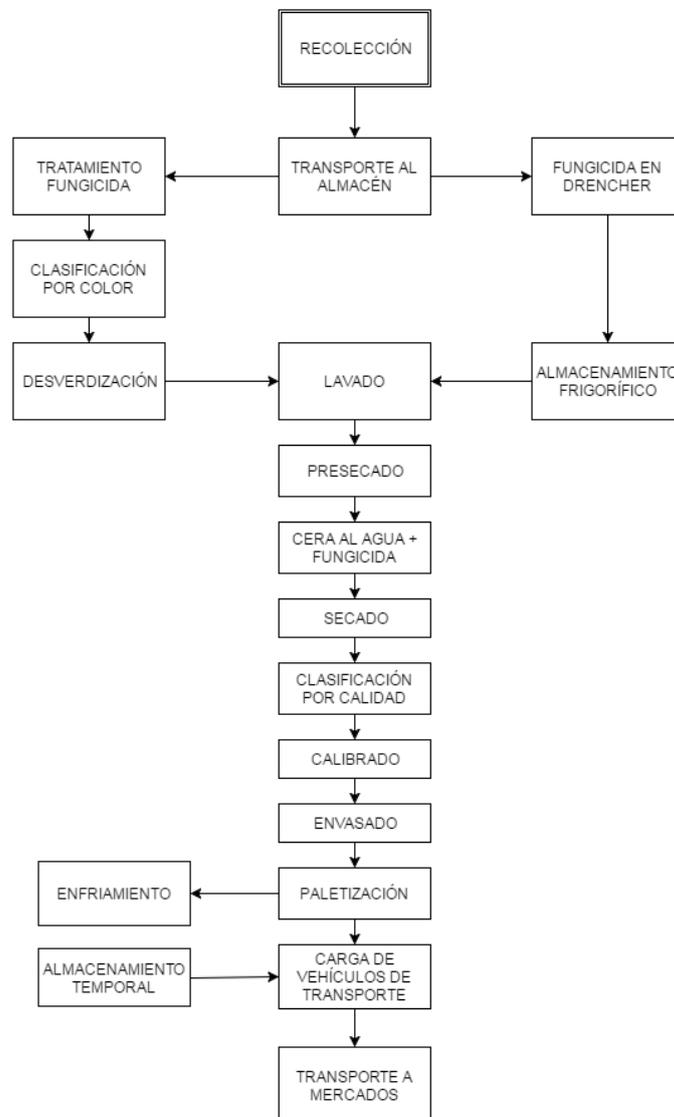


Figura 2 - Flujo de operaciones en la confección postcosecha.
 Fuente: Salvador, A., (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, 2007)

El punto óptimo para la recolección viene determinado por el índice de madurez del cítrico ($^{\circ}\text{Brix}/\text{gr. Cítrico}/100\text{cc}$), que debe alcanzar los mínimos valores exigidos. En España estos valores se sitúan en 8.0 para Fortune, 7.5 para Ortanique, 7.0 para clementinas y otras mandarinas y 6.5 para naranjas y mandarinas satsumas. También se debe contemplar el contenido mínimo en zumo, que debe ser como mínimo del 40% para clementinas, 33% para el resto de mandarinas, 30-35% para naranjas y 20-25% para limones.

La Norma de Calidad Comunitaria establece el calibre mínimo que habrán de tener los frutos, y que deberán tenerse en cuenta en la recolección. Este calibre está establecido en 53mm para naranjas, 45mm para limones, 35mm para clementina y 45mm para el resto de mandarinas.

La recolección debe realizarse con alicates evitando el tirón, aunque este método sea más económico, ya que pueden producirse desprendimientos de piel. También debe efectuarse en ausencia de niebla o rocío. Los envases que se utilizan para su transporte son capazos plásticos de unos 18kg y cajas plásticas de 20kg, con protecciones de goma espuma, y siendo deseable un volcado cuidadoso. Cuando la fruta ya se encuentra en los envases definitivos, se cargan en camiones ventilados y se trasladan de manera inmediata al almacén.

Las líneas de confección de cítricos en las centrales hortofrutícolas se dimensionan para el acceso cómodo de los operarios a las tareas de selección y tría, sin sobrecargarse y evitando saltos o cambios de altura que puedan resultar perjudiciales por los potenciales daños externos e internos que puedan producirse. Los rodillos instalados en los diferentes equipos de la línea deben tener una estructura de soporte en ángulo que permita la eliminación de ramitas y hojas. También la iluminación del tramo de selección es fundamental. Las cabinas de luz ultravioleta se utilizan para la detección precoz de los podridos en períodos lluviosos.



Figura 3 - Líneas de lavado postcosecha en una central hortofrutícola.
Fuente: www.deccoiberica.es

El proceso de lavado, como se muestra en la Figura 3, se suele realizar en la mayoría de los casos con una máquina lavadora con cortina de espuma entre los dos primeros cepillos. Los cepillos suelen ser de nylon y no giran a más de 80rpm, siendo el tiempo de permanencia de 20-30 segundos. El número de cepillos debe reducirse en algunas variedades de piel fina.

Como detergente se suele utilizar dodecil benceno, sulfonato sódico en concentraciones del orden del 10% y normalmente se añade fungicida OPP durante un tiempo de contacto entre 30 y 40 segundos. En el enjuague, la presión del agua que sale por las boquillas es de unos 200KPa, y el escurrido se realiza en unos donuts de látex en los que es importante controlar la velocidad de rotación, que no debe superar las 75rpm. La aplicación de fungicidas puede efectuarse después en pulverización a baja presión, utilizando la misma máquina.

Las pérdidas de agua por transpiración generan la pérdida de firmeza en la postcosecha, y puede atenuarse con la aplicación de ceras que devuelven la capa de cera natural perdida durante el lavado.

Los aditivos alimentarios que pueden utilizarse para recubrimientos de frutos cítricos son: cera de abeja blanca y amarilla (E901), cera de candelilla (E902), cera de carnauba (E903), goma-laca (E904), ésteres de ácido montánico (E912), cera de polietileno oxidado (E914), sucroésteres de ácidos grasos (E473), sucroglicéridos (E474) y ésteres glicéridos de colofonia (E445). Como disolventes se autorizan agua, etanol y amoníaco. Como soportes y disolventes soportes se permite el uso de lecitinas (E332), polisorbatos (E432-436), sales sódicas, potásicas y cálcicas de ácidos grasos (E470a), mono y diglicéridos de ácidos grasos (E471), sorbitoles (E491, E495), ácidos grasos (E570) y dimetilpolisiloxanos (E900).

Habitualmente para mejorar el brillo se usan emulsiones de ceras con soluciones de resinas, como la goma-laca. Si las ceras producidas son para la comercialización directa, se formulan con porcentaje total en sólidos no superior al 18%, mientras que en las ceras de conservación no se sobrepasa el 10-12%. Los gases CO₂ Y O₂ y la permeabilidad al vapor de agua varían según el tipo de cera. Para reducir las pérdidas por transpiración que llevan al arrugamiento, ablandamiento y a la aparición de alteraciones fisiológicas de la postcosecha es deseable una baja permeabilidad al vapor de agua. La baja permeabilidad al O₂ y CO₂ puede llevar a un aumento de volátiles con riesgo de malos sabores y respiración anaeróbica. Estos volátiles son fundamentalmente etanol y acetaldehído, aunque también se han identificado cambios en isobutanol, trans-2-hexanol, acetato de etilo, etil butarato, α -pineno, limoneno y acetona.

El calibrado se puede realizar por rodillos basculantes de tal manera que los cítricos apenas sufra impactos. La máquina hace rodar el fruto mientras éste avanza para asegurar la medida del máximo diámetro. El calibrado electrónico representa el mayor avance de la aplicación de la tecnología. Las medidas de peso, diámetro, volumen o color se hacen por cámaras de visión artificial o copas de pesado. La memoria de la computadora almacena los datos correspondientes a los frutos individuales, y después transmite las órdenes de separación. En la misma máquina se pueden integrar programas codificados con dos parámetros, color y peso. La separación de cítricos por defectos externos a una velocidad apreciable es el reto de esta tecnología.

La clasificación admite tres categorías: Extra (sin defectos), I (ligeros defectos de forma, coloración inherentes a la formación del fruto o cicatrices de origen mecánico), II (defectos de forma, coloración, corteza rugosa y alteraciones en la epidermis cicatrizadas).

El diseño de los envases debe estar enfocado a la posible recuperación, reciclaje o reutilización. Para ello, su material de construcción puede ser la madera, el cartón, el plástico o cualquier combinación de ellos. La madera suele utilizarse en envases destinados a la exportación, y el plástico es preponderante en los grandes comercios que disponen de puntos de venta en los mejores mercados del país. Por el contrario el plástico apenas tiene relevancia en el comercio exterior fundamentalmente por los problemas de su retorno. El cartón de tipo ondulado, desde su introducción, está conquistando cuotas de mercado. Para conseguir un buen control de peso en las ventas en grandes superficies se han desarrollado enmalladoras, que se aplican a los cítricos y otros frutos. Los pequeños envases para la venta al consumidor pueden seguir beneficiándose de una diversificación en busca de un mejor marketing. Los elementos auxiliares de transporte se fabrican en plástico, y por tanto tienden a ser reutilizables.

Índice de color inicial (IC=1000.a/L.b)	U.E		USA-JAPON	
	Mandarinas	Naranjas	Mandarinas	Naranjas
IC < -13	No conveniente	No conveniente	No conveniente	No conveniente
-13 > IC < -5	72 hrs con Et	No conveniente	48-72 hrs con Et	No conveniente
-5 > IC < +3	48 hrs con Et 72 hrs sin Et	72 hrs con Et	48-72 hrs sin Et	48-72 hrs con Et
IC > +3*	24 hrs con Et 48 hrs sin Et	48 hrs con Et 72 hrs sin Et	24 hrs sin Et	24 hrs con Et 48 hrs sin Et

(*) No se requiere tratamiento de desverdización para IC > +7.

Tabla 2 - Recomendaciones para el tratamiento de desverdización de mandarinas y naranjas.
Fuente: Salvador, A., (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, 2007)

II.2.3- Color externo. Tratamiento de desverdización.

En las Normas Internacionales de calidad para el color se establecen porcentajes máximos de superficie con color verde o porcentajes mínimos de superficie con color típico de la variedad. En este sentido se propuso la utilización del índice de color IC=1000 a/Lb (IC) que permite reflejar bien la evolución del fruto en el intervalo de colores comprendido entre el verde oscuro y el naranja intenso y que proporciona excelente correlación entre la apreciación visual y la instrumental. En las especificaciones de las condiciones mínimas de calidad de la Comunidad Valenciana se hace referencia a este índice de color. Los investigadores desarrollaron hace algunos años unas cartas de color que permiten fácilmente correlacionar la coloración visual del fruto con el IC obtenido instrumentalmente. Dichas cartas pueden ser utilizadas para la recolección, manipulación o inspección; también se ha comprobado que pueden servir de ayuda para el ajuste de los calibradores electrónicos por color que se utilizan actualmente, pudiendo separar perfectamente, al menos, cuatro grupos de color.

Las variedades tempranas de cítricos alcanzan los mínimos valores de porcentaje de zumo e índice de madurez (TSS/TA) antes que la plena coloración externa del fruto. La aplicación del tratamiento de desverdización permite poner en el mercado con antelación fruta que tiene las características organolépticas deseables así como el color exigido.

El sistema utilizado suele ser el de flujo continuo en recintos en los que se pueden controlar las variables: concentración de O₂ (>20%), concentración de CO₂ (<0.2%), concentración de etileno (2-5 ppm), temperatura (18-25 °C) y humedad relativa (>90%).

Para evitar ennegrecimiento en los cítricos, la caída de cálices y algunas otras alteraciones fisiológicas asociadas a la senescencia, la duración del proceso de desverdización debe ser limitada. En tiempos de tratamiento superiores a 72 horas, las pérdidas de calidad pueden resultar inasumibles. Los frutos almacenados en las mismas condiciones de flujo continuo pero sin adición de etileno también experimentan, de manera más lenta, una evolución del color, pero con poco riesgo de alteraciones fisiológicas.

A continuación se exponen una serie de recomendaciones de tratamientos de desverdización, adaptadas a los grupos que pueden obtenerse en los almacenes de manipulación con los calibradores electrónicos actuales. Dichas recomendaciones se han obtenido a partir de los datos obtenidos en experiencias con mandarinas y naranjas tempranas.

II.2.4- Aplicación de frigoconservación

La aplicación del frío persigue diversos objetivos: mantener la calidad durante el transporte a mercados distantes, conservar los cítricos en períodos de alto riesgo de helada en campo, alargar el período de comercialización de variedades tardías aprovechando períodos favorables, servir de pulmón para abastecer la línea de almacén en momentos en los que las condiciones climatológicas no permiten la recolección, dilatar el abastecimiento a las fábricas de derivados de cítricos, y tratamientos cuarentenarios para el control de insectos en frutos exportados a determinados países que los exigen.

Algunas variedades de cítricos presentan una especial sensibilidad a las temperaturas bajas, que se manifiesta por manchas en la piel y distintas alteraciones, conocidas generalmente como lesión de frío, y que provocan una alta pérdida de calidad comercial. Los cítricos sufren diferentes sintomatologías cuando son dañados por el frío. La más habitual es la conocida como “picado” o “pitting”, que se caracteriza por la formación de depresiones en la piel de forma circular, con ligera decoloración que posteriormente pardean, o como sucede en algunas variedades de pomelo, adquieren tonos rosados. En frutos almacenados a bajas temperaturas, de entre 0-2°C, se observa a veces el “escaldado” o “bronceado”, con oscurecimiento difuso de la piel de forma irregular que se extiende paulatinamente por la superficie del cítrico. Otra alteración manifestada es el “ennegrecimiento de las glándulas oleíferas” u “oil-gland darkening”, cuya evolución puede llegar a confundirse con el “escaldado”. Las altas humedades en el almacenamiento favorecen su aparición. En limones pueden observarse otros tipos de lesión de frío como el “pardeamiento del albedo” o “albedo browning” y el “pardeamiento de membranas intercarpelares” o “membranosis”. Por otra parte, y de manera menos frecuente que las anteriores, se pueden dar otro tipo de daños por frío como la “descomposición acuosa” o “watery breakdown” en la que los cítricos adquieren un aspecto blando y esponjoso como si se hubiesen congelado.

Estos síntomas pueden manifestarse en la propia cámara de conservación, una vez han pasado cierto tiempo de permanencia en frío. Este período de “latencia” es variable y después de algunos ensayos se ha observado a los 30 días en mandarina Nova y a los 7 días en mandarina Fortune.

El riesgo de aparición de estos síntomas aumenta en tanto el tiempo de permanencia en cámara es mayor y menor la temperatura, y la manifestación total de los daños se produce cuando la fruta es transferida a temperatura ambiente. No obstante, a veces, los síntomas no se hacen visibles mientras la fruta permanece en cámara fría, manifestándose solo al ser trasladados a temperatura ambiente.

Aunque las bajas temperaturas y la susceptibilidad varietal son determinantes en la aparición de daños por frío, también existen otros factores. Los frutos recolectados a principio de temporada son, en general más sensibles, si bien la resistencia al frío sufre cambios complicados durante el desarrollo del fruto. Se encuentran diferencias debidas a características climáticas y culturales. Los frutos pequeños son más susceptibles a daños por frío, quizás por las mayores pérdidas de agua por transpiración que experimentan, y son más sensibles los frutos de la parte externa del árbol que los de la interna.

En la Tabla 3 aparecen las condiciones de temperatura y tiempo recomendadas para algunas variedades cultivadas en España.

La humedad relativa en el interior de las cámaras de frigoconservación debe estar entorno al 90%. El nivel de etileno debe mantenerse por debajo de 1ppm mediante la renovación del aire en el interior de la cámara. Los factores pre-recolección condicionan directamente la duración de almacenamiento que deben tener los cítricos. Entre estos factores destacan las prácticas culturales de recolección, la condición del árbol, la climatología o el momento de la recolección.

Para algunos cítricos como las naranjas y mandarinas, el índice de madurez de recolección es determinante, ya que en el tiempo de conservación y almacenamiento en las cámaras frigoríficas se genera un aumento del mismo, pudiendo alcanzar valores que se correspondan a sabores de cierta insipidez.

Los cambios en el índice de madurez no son determinantes en la duración de la conservación de limones, limas y pomelos. El tiempo de conservación de todos los cítricos está limitado por la firmeza inicial de cada uno de ellos, pues debe evitarse el ablandamiento. Habitualmente las pérdidas de firmeza están relacionadas con las pérdidas de agua debidas a la transpiración del fruto. El índice de color inicial también puede resultar determinante, ya que evoluciona durante el periodo de almacenamiento, y puede llevarlo a un tono poco atractivo que reste comerciabilidad.

Por todo lo anterior se entienden los amplios márgenes de tiempos de conservación expuestos en la Tabla 3. Dicha tabla ha sido modificada ligeramente respecto a otras anteriores, reduciendo los tiempos máximos de conservación por la mayor exigencia de calidad de los consumidores y la introducción de nuevas variedades.

El transporte frigorífico puede ser una práctica recomendable cada vez más habitual y extendida, también exigida en el mercado. Para llevarlo a cabo la fruta debe refrigerarse previamente a su carga en el vehículo frigorífico bajando la temperatura durante esta operación a unos 0-1°C con el objetivo de reducir algunos microorganismos.

Productos	Temperatura (°C)	Tiempo (meses)	Productos	Temperatura (°C)	Tiempo (meses)
Limas	9-10	1.5-2.5	Naranjas		
			Blanca común	2-3	2-3
Limones			Caracara	3.4	1.5-2.0
Fino	11-12	3-4	Lanelate	2-3	2-3
Verna	13-14	4-5	Navel Washing.	2-3	2-3
			Navelate	3-4	1.5-2.5
Mandarinas e híbridos			Navelina	2-3	2-3
Afourer	4-5	1.0-1.5	Powell	4-5	1.0-1.5
Clemenules	4-5	1.5-2.5	Rhode Summer	4-5	1.5-2.5
Ellendale	5-6	1.5-2.0	Salustiana	2-3	2-3
Fortune	9-10	1.0-1.5	Valencia Delta	4-5	1.5-2.0
Hernandina	4-5	1.0-1.5	Valencia late	2-3	2.5-3.5
Moncada (E'5)	4-5	1.0-1.5	Valencia Midnight	4-5	1.5-2.0
Nova	9-10	0.5-1.0	Verna	2-3	2.5-3.5
Ortanique	5-6	2.0-2.5			
Satsuma	3-4	1.0-1.5	Pomelos	11-12	2-3
T. Minneola	5-6	1.0-1.5			

Tabla 3 - Temperaturas y tiempos de conservación de frutos cítricos.
Fuente: Salvador, A., (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, 2007)

Los frutos cítricos presentan una reducida tolerancia a las concentraciones elevadas de CO₂ – inferiores al 3% en mandarinas y naranjas y al 5% en pomelos y limones- y conservarlos en la cámara con atmósfera controlada no proporciona demasiados beneficios en este sentido. No obstante, se obtienen resultados discretos con baja concentración de CO₂, concentraciones de oxígeno cercanas al 10% y la eliminación de etileno.

Para reducir la sensibilidad de los frutos al frío, se utilizan algunos de los métodos que se citan a continuación, mediante los cuales se han obtenido buenos resultados.

1) El acondicionamiento a temperaturas moderadas previo al almacenamiento en las cámaras de frío resulta útil para el aumento de la resistencia al mismo. Dicha resistencia, en algunos frutos, tiene que ver con el aumento de algunos ácidos, poliaminas o escualeno. Éstos ácidos y compuestos químicos, además de ser provechosos para mejorar la resistencia al frío del fruto, también mejoran la conservación de los nutrientes, así como la calidad del producto.

2) Otro método para la reducción de los daños por frío es el acondicionamiento a altas temperaturas, durante el cual se produce una síntesis de proteínas, las cuales pueden modificar las propiedades de las membranas celulares proporcionando la base de la tolerancia térmica. Éste método de acondicionamiento a alta temperatura y humedad ayuda al curado de las heridas del fruto provocadas por la podredumbre, mejorando también su calidad y la conservación de sus nutrientes. La inmersión previa de los cítricos en agua caliente es también un método con el que se han obtenido resultados positivos. Durante los mismos, conviene tener un control sobre la relación tiempo-temperatura, ya que podrían producirse lesiones térmicas o ineffectividad del tratamiento.

3) El calentamiento intermitente es otra de las técnicas de reducción de daños por frío, que se basa en la teoría de desequilibrios reversibles ante el estrés de frío expuesta en los métodos anteriores. Se aplican durante el período de latencia de los daños por frío, ya que si se retrasan más pueden acelerarse los procesos degenerativos del fruto.

En la fase de calentamiento podrían eliminarse metabolitos y en algunos casos sintetizarse sustancias esenciales o ácidos grasos insaturados. Se obtiene un buen resultado con la conservación a las temperaturas recomendadas y aplicando los enfriamientos intermitentes.

4) Otro método que resulta efectivo para la reducción de daños por frío son las exposiciones del fruto a altas concentraciones de CO₂. No obstante, el resultado de dicha exposición varía para un mismo cultivo, dependiendo del estado fisiológico de la fruta. En atmósferas modificadas la alta humedad puede influir en la limitación de pérdidas de agua, manteniendo la fruta en estado más resistente.

5) La aplicación de ceras con polietileno puede ser útil en ocasiones, ya que limita las pérdidas de agua por transpiración, controlando también los CI en frutos más resistentes. El resultado del tratamiento depende de la composición química de la cera y del estado fisiológico del cítrico. El cambio de la atmósfera interna puede desembocar en un aumento del etanol y el acetaldehído, afectando negativamente a la calidad del producto.

6) Recubrimiento de la superficie del cítrico con plástico para cada fruto individualmente. Éste método puede llegar a evitar las pérdidas de agua casi por completo sin modificar la atmósfera interna del fruto. De esta manera se permite el retraso de las alteraciones de la senescencia. La contribución a la integridad de las membranas celulares se presenta como la acción principal en la reducción de daños por frío.

7) Por último, el tratamiento con escualeno resulta útil en la reducción de daños por frío en pomelos, observándose además que si se practicaba una eliminación de escualeno natural de la capa epicuticular previa a la conservación, los frutos son más sensibles a las lesiones durante la refrigeración. Finalmente, se observa un aumento de la resistencia al frío en frutos cítricos, tratados con fungicidas del tipo benzimidazoles.

Para el transporte a largas distancias y la exportación de frutos a países lejanos, la norma prevé una serie de valores de temperatura y plazos de conservación que garanticen la alta calidad del producto.

Para la exportación de cítricos españoles a países como Japón, la normativa indica la conservación a temperaturas inferiores a los 2°C en el eje central de la fruta durante un periodo de 16 o 17 días, dependiendo del tipo de cítrico. El envío se realizaría utilizando exclusivamente contenedores cuyo diseño debe cumplir una serie de requisitos.

Para el envío de los mismos cítricos a EEUU, las temperaturas máximas de cuarentena se situarían entre 1,1°C y 2,2°C, con períodos de refrigeración entre 14 y 18 días. En este caso, el envío se realizaría en contenedores y bodegas.

El pre-almacenamiento a 16°C y 85% de HR durante 3-4 días en naranjas y 7 días en limones y mandarinas parece el sistema más adecuado para prevenir daños por frío, y permite además una mejor selección de los frutos después del mismo.

El tratamiento fungicida puede efectuarse con OPP, imazalil y TBZ, que están autorizados en EEUU y Japón. El resultado experimental tras su aplicación resulta satisfactorio, ya que los frutos finalizan el tratamiento sin podredumbres y con valores de residuos inferiores a los permitidos en los países antes mencionados.

La tría por calidad se realiza eliminando de la línea de confección todas las frutas con defectos y alteraciones en la epidermis para que correspondan a una categoría comercial de alta calidad. Dichos defectos o alteraciones suelen visualizarse mejor en las cabinas de luz ultravioleta.

El envasado de mandarinas para EEUU habitualmente se realiza en cajas de madera de aproximadamente 10 kg., aunque cada vez se utilizan más cajas de 2,3 kg. Los envíos a Japón, tanto de naranjas como de limones, se realizan en caja abierta de cartón de 15 a 16 kg. En cuanto al paletizado deberán utilizarse pallets nuevos, limpios y correctamente desinfectados de manera que queden exentos de organismos. El pre-enfriamiento se debe realizar en cámaras de manera que el fruto alcance la temperatura de 10°C en un tiempo reducido, de aproximadamente 48h. La carga de los contenedores se debe hacer efectiva de manera rápida y en recinto aislado, con el objetivo de mantener la temperatura baja del cítrico. Para controlar la temperatura del fruto durante el proceso de carga, se practican mediciones de temperatura en tres frutos diferentes mediante sondas de pulpa, que indican la temperatura en el interior del fruto. Al cerrar el contenedor con la fruta cargada, los tres sensores de pulpa deben registrar temperaturas cercanas a 1,5°C. En tal caso, se inicia el tratamiento de cuarentena precintando el contenedor.



Figura 4 – Sonda de temperatura PT100.
Fuente: doplim.ec

Los termostatos instalados en el interior del contenedor, como el que se muestra en la Figura 4, controlan la temperatura en el interior del fruto. Se conectan una vez se ha cargado la fruta en los contenedores. Por su parte, los termostatos del contenedor se ajustan para que las temperaturas no desciendan de 0,8°C ni tampoco superen los 2°C, disponiendo así de suficiente seguridad. Este estado de conservación se mantiene uno o dos días más de los requeridos para el tratamiento de frío, mientras se comprueban los datos y autorizaciones pertinentes. En el transcurso del tratamiento de cuarentena es muy importante renovar el aire del interior de los contenedores al menos una vez por hora, para lo cual los contenedores disponen de los mecanismos necesarios. Tras finalizar la cuarentena, la renovación de aire debe proseguir, ya que la temperatura sube hasta 5-10°C en naranjas y mandarinas, y 14°C en limones. La falta de renovación del aire podría desembocar en un incremento de las alteraciones fisiológicas del fruto.

II.3 – Motivación personal

Hace unos años se me presentó la oportunidad de realizar prácticas en una empresa de este sector, que aproveché para ampliar mi formación y conocer de cerca las actividades de este tipo de negocios.

Durante este periodo pude percibir algunas de las inquietudes de los directivos de la empresa de cara al futuro, las cuales también compartí en primera persona como consecuencia de mi actividad laboral.

La realización de este trabajo viene motivada por varios aspectos. Por un lado, la aplicación y el desarrollo de los conocimientos adquiridos a lo largo de los años de formación universitaria y laboral dentro de un contexto práctico.

Otro motivo para abordar este estudio es la posibilidad de poner en práctica las propuestas finales en una empresa del sector que me ocupa. Gracias a ella he mantenido los primeros contactos con el mundo laboral de la ingeniería y he desarrollado nuevas aptitudes.

Por último, me parece un reto ambicioso y motivador implicarme en el desarrollo de un sector tan importante y tan ligado a nuestra tierra y nuestra economía.

Capítulo III – Descripción de la empresa

III.1- Introducción

En general, las empresas dedicadas a la producción de tratamientos postcosecha para centrales hortofrutícolas están organizadas en dos subsectores de producción independientes: Por un lado el de los productos químicos para la protección, desinfección y conservación de frutas y hortalizas; por otro el de ensamblaje, instalación y servicio de mantenimiento de los equipos destinados a la aplicación de dichos productos químicos, tratamiento de aguas residuales o cámaras de maduración y desverdización. La empresa objeto del presente trabajo cubre los dos ámbitos, tal y como se indica en la Figura 5. El subsector de producción electromecánica es el que ocupa el estudio de este trabajo, en el que se hace un análisis de estado y funcionamiento inicial de un sistema de producción real para encontrar soluciones de optimización de tiempos y costes.

Para proceder al análisis del estado inicial de la línea de producción es necesaria una labor de investigación de alguna de estas empresas, ya que cada una sigue un método de producción diferente y, por tanto, las propuestas y soluciones para su optimización también serán diferentes.

La empresa en la que se basa este trabajo tiene dos ámbitos complementarios en su cadena de producción y suministro de equipos electromecánicos e instalaciones industriales. Por un lado cuenta con un departamento de diseño electromecánico y organización, encargado de idear y desarrollar los equipos así como de la continua innovación de la tecnología de la empresa. También se dispone de un taller electromecánico donde se fabrican las máquinas, equipos y tecnologías mediante las que se aplican los productos fitosanitarios, biocidas, ceras o detergentes, así como los dispositivos de las cámaras para regular la humedad, la temperatura y las concentraciones de los gases adecuadas para la conservación de frutas en el proceso de confección postcosecha. Adjunto al taller electromecánico actúa el servicio postventa, en el que se lleva un control técnico y burocrático de cada máquina desde el momento de su instalación en la central-cliente, así como el calibrado diario de los equipos instalados y la atención continua al cliente durante los periodos de explotación de los equipos en las centrales hortofrutícolas para garantizar el mejor servicio.

Todo ello se puede ver esquematizado con mayor claridad en la Figura 5.



Figura 5 - Estructura departamental de la empresa.
Fuente: Elaboración propia

III.2 – El sistema organizativo

La empresa cuenta con 11 áreas de trabajo diferentes, cada una con unas atribuciones determinadas, siendo los departamentos 8, 9 y 10 indicados en la Figura 11, y que se describirán en el Capítulo V, los que se estudiarán con detalle, al ser éstos departamentos en los que se pueden proponer y poner en práctica las acciones de mejora en la producción de equipos de dosificación, cámaras o sistemas de tratamiento de aguas residuales para plantas de tratamiento postcosecha.

El **departamento de diseño electromecánico** es el primer área de trabajo en donde se desarrollan operaciones del proceso de producción. Consiste en un laboratorio electromecánico de ingeniería cuyo cometido es el de idear y diseñar las tecnologías que produce la empresa destinada a la dosificación del producto químico, la regulación de las condiciones ambientales en las cámaras o la gestión y depuración del agua. Desde este departamento se realiza también el diseño del software que llevan incorporado los autómatas de cada equipo, gracias al cual los clientes pueden controlar en tiempo real la cantidad de producto, el nivel de humedad o la temperatura regulada dentro de las cámaras. También tienen la responsabilidad de organizar el servicio postventa en las diferentes centrales hortofrutícolas, obedeciendo a las necesidades coyunturales de cada cliente. Durante los periodos de baja producción, abordan las tareas de I+D+i dedicadas a la continua mejora de las prestaciones de los equipos y de la facilidad en su manejo. Gracias a ello, la tecnología de la empresa está en continua evolución.

Para realizar las tareas de diseño, el departamento dispone de un laboratorio electromecánico en el que los ingenieros de la empresa disponen instalaciones específicas para el diseño de estos equipos, así como programas informáticos, equipos de calibración de diferentes dispositivos, y todas las referencias necesarias para permanecer constantemente actualizados en las novedades que se ofrecen en el mercado referentes a los dispositivos y tecnologías utilizados por la empresa. En el mapa de la Figura 11, la ubicación de sus áreas de trabajo son la 7 y la 10.

Como puede observarse en la Figura 6, el proceso de diseño y desarrollo de nuevos equipos y tecnologías lleva un procedimiento definido que se repite con cada tarea. En él se comienza por el análisis de una idea basada en una necesidad o nueva problemática manifestada por los clientes. También las modificaciones en las normas de uso de las diferentes sustancias químicas para fitosanitarios dan lugar a la producción de nuevos productos para la industria postcosecha, que hacen necesarias las iniciativas de diseño y desarrollo de nuevas tecnologías para su aplicación. La construcción de prototipos y las pruebas sobre sus diferentes modificaciones se realizan de manera consecutiva y repetitiva, tantas veces como sea necesario, hasta que el diseño final alcance las especificaciones requeridas y esté en condiciones de ser validado.

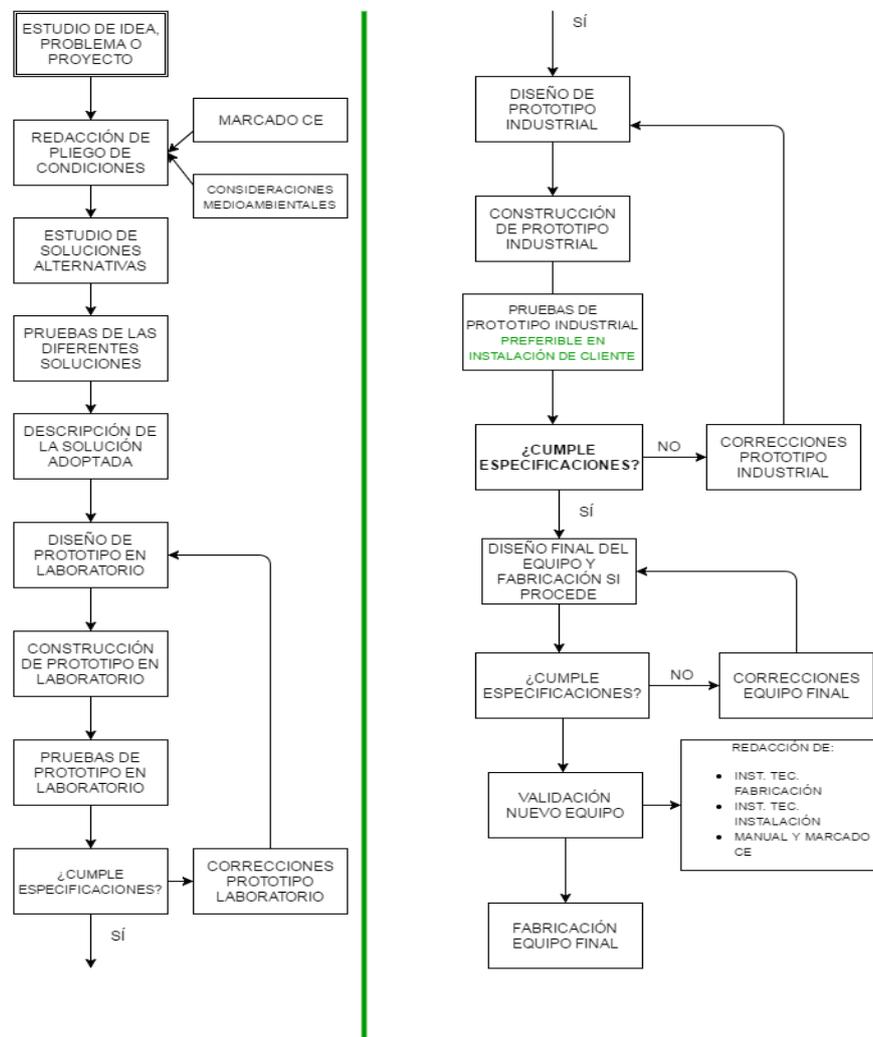


Figura 6 - Flujoograma del proceso de diseño y desarrollo de equipos electromecánicos.
Fuente: TECNIDEX

El **taller electromecánico** es el espacio dedicado al ensamblaje y puesta a punto de los equipos. En él trabajan técnicos especializados, encargados de la producción física de los diseños elaborados y dirigidos por el departamento de diseño, para su posterior instalación en las centrales. Al tratarse de diseños propios y fabricados únicamente por la empresa, existe la posibilidad de adaptar cada máquina a las necesidades concretas del cliente durante el proceso de ensamblaje, buscando siempre la máxima satisfacción posible con el servicio de los equipos.

Para la realización de las tareas de ensamblaje, el taller dispone de bancos de trabajo, así como todas las herramientas y útiles que los operarios puedan necesitar a la hora de desarrollar correctamente su labor.

Dentro del taller electromecánico se encuentra también el almacén de piezas y dispositivos, donde otro técnico se encarga de llevar el control y la gestión del suministro de cada una de las piezas utilizadas por los operarios e instaladas en los equipos, así como del material necesario para que el personal pueda desarrollar correctamente su trabajo. Su objetivo es el de ayudar a mantener la continuidad en la producción, garantizando en todo momento la disponibilidad del material necesario para cada tarea.

En el mapa de la Figura 11 se ubica en la Nave 8.

El proceso de ensamblaje e instalación de los equipos está definido en la Figura 12, en el que previamente se han comentado con detalle todas sus etapas.

El **departamento de logística y gestión de la producción** se encarga del control de los pedidos de material, la gestión de los stocks de componentes del almacén así como de equipos terminados, de realizar los inventarios para la correcta producción de cada diseño realizado por el departamento de diseño electromecánico, y de evaluar la eficiencia con la que se realiza el proceso de producción, buscando soluciones de manera continua para su optimización. Es un departamento que actúa en coordinación directa con el almacén del taller electromecánico, ya que se encarga de su abastecimiento y del control de su actividad.

Para desempeñar estas tareas, el departamento dispone de un despacho de logística situado justo arriba del resto de despachos de ingeniería, área 10 del mapa de la Figura 11, en el que se trabajan mediante programas informáticos de contabilidad y gestión de la producción.

El **departamento de consultoría y servicio postventa** de la empresa es el encargado de instalar y poner a punto diariamente en las centrales hortofrutícolas los equipos producidos en el taller electromecánico. Están en contacto permanente con los clientes, garantizando el mejor servicio durante el tratamiento de las frutas y hortalizas, resolviendo las averías que puedan surgir y ayudando al cliente a aplicar a su fruta el mejor tratamiento postcosecha. También se encargan de la gestión y control de las cámaras instaladas en las centrales hortofrutícolas, regulando los niveles de humedad y temperatura, así como los niveles de etileno que se aplica en algunas cámaras destinadas al tratamiento de determinados frutos como el caqui, para mejorar y acelerar su maduración.

Al tratarse de equipos y máquinas de diseño propio y fabricación propia, únicamente se puede hacer cargo de las mismas el personal cualificado por la misma empresa. En ocasiones, cuando el volumen de trabajo es elevado, se recurre a alguna subcontrata para apoyar en el trabajo de centrales hortofrutícolas de gran tamaño que requieren una mayor atención.

Los miembros del servicio postventa están en contacto permanente con los ingenieros del departamento de diseño y con los técnicos del taller electromecánico, con el objetivo de coordinar el trabajo de cada uno de los departamentos. Trasladan las solicitudes que pueda realizar cada uno de los clientes, garantizando así la mejor atención.

Todas las operaciones que realizan los técnicos de este departamento, tanto para la resolución de averías como para el plan de mantenimiento de los equipos, están indicadas en las Figuras 7 y 8.

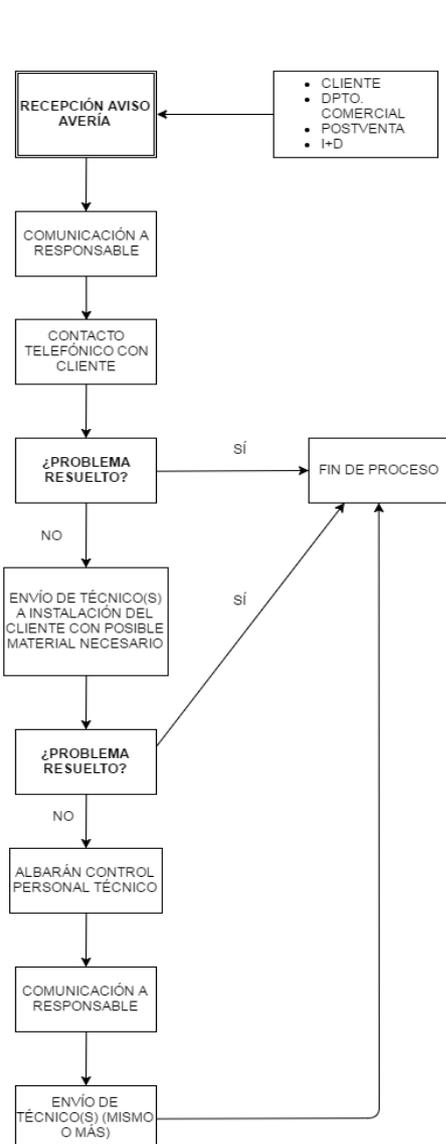


Figura 7 - Flujograma de operaciones para averías.
Fuente: TECNIDEX

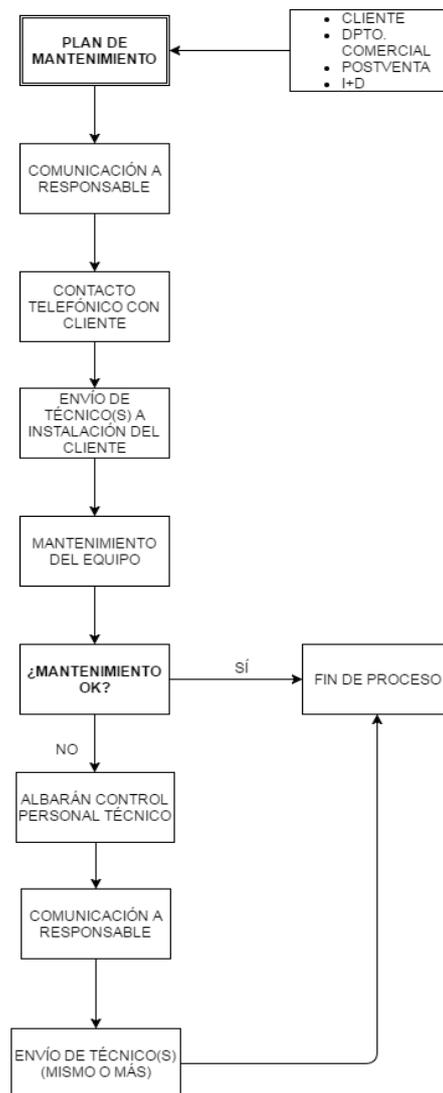


Figura 8 - Flujograma de operaciones del Plan de Mantenimiento para equipos electromecánicos.
Fuente: TECNIDEX

III.3 – Instalaciones

III.3.1 – Mapa de emplazamiento

Las instalaciones están situadas en el Polígono industrial Fuente del Jarro, en el municipio de Paterna (Valencia), a unos 17 kilómetros de la costa y a 10 kilómetros del centro de Valencia. Ocupan una superficie de 5.500 metros cuadrados.

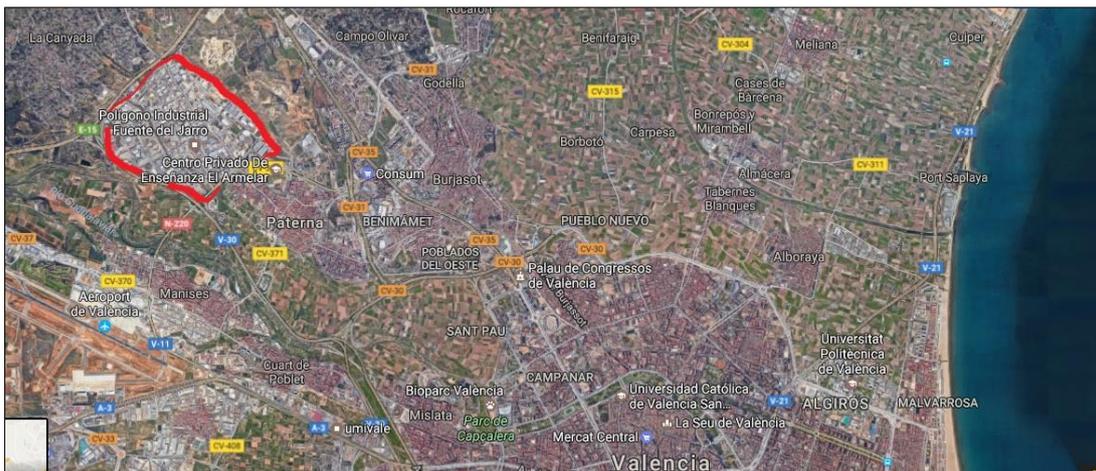


Figura 9 - Mapa de emplazamiento de la planta



Figura 10 - Ubicación de la instalación en el polígono industrial

La empresa está instalada en una nave con dos plantas. El departamento dedicado a la producción de tecnología y equipos electromecánicos está situado en la planta baja de las instalaciones -Nave 8 de la Figura 11- de manera que los técnicos responsables del servicio postventa y de consultoría tienen acceso directo a la nave con sus vehículos, para cargar y descargar la maquinaria que necesiten cada día a través de la Nave 9.

También los responsables de diseño y logística, ubicados en la Zona 10, pueden llevar un mejor control sobre su trabajo, ya que son departamentos interconectados y que actúan de manera coordinada.

En el Plano 1 (ver documento Planos), se pueden consultar los accesos y las dimensiones de estas zonas principales para el proceso productivo de equipos electromecánicos

Capítulo IV – Análisis del sistema productivo

IV.1- El sistema productivo

La producción y mantenimiento de los equipos electromecánicos desempeñados por el departamento electromecánico de la empresa abarca un amplio proceso, desde la expedición de los materiales de fabricación hasta la entrega, instalación y gestión diaria de los equipos en las centrales hortofrutícolas. Todo ello conjuga diversos ámbitos de actuación descritos en el capítulo anterior, y que resultan casi inalterables en su esencia para el correcto funcionamiento de este proceso.

El ensamblaje del conjunto de piezas metálicas, dispositivos electrónicos, máquinas de dosificación de fluido y equipos motores se realiza sin ningún automatismo en el procedimiento, más allá del que puedan ejercer los técnicos de manera manual durante el proceso. Esta manera de producir ofrece la posibilidad de adaptar cada equipo a las necesidades de los clientes, satisfaciendo plenamente sus requerimientos y garantizando funcionalidad óptima en servicio. Estas condiciones son la prioridad de la empresa a la hora de enfocar el servicio a los clientes, y por ello no se contempla ninguna modificación que pueda alterarlas.

IV.1.1 Disposición en la fábrica

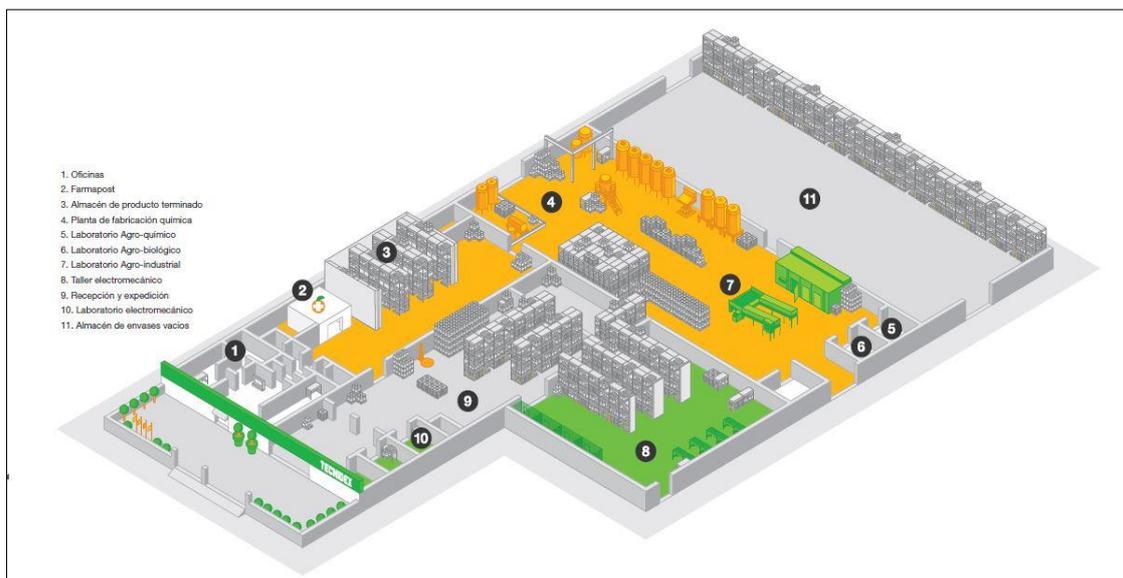


Figura 11 - Distribución de la planta de la empresa
Fuente: TECNIDEX

Las áreas de trabajo cuyo análisis nos ocupa corresponden a las indicadas en la Figura 11 con los números 10 y 7 para el departamento de diseño y logística, el 8 correspondiente al almacén y al taller de producción electromecánica, y el 9 por ser el acceso de recepción y expedición por parte del servicio postventa.

- Área 10: Laboratorio electromecánico y, en el segundo piso, despachos del departamento de logística y gestión productiva.

- Área 7: Laboratorio agro-industrial, en el que se realizan las pruebas de funcionamiento de prototipos de nuevos equipos antes de su incorporación al catálogo, así como también es aprovechado por el área de producción química para desarrollar sus tareas.

- Área 8: Taller y almacén de componentes, desde donde se llevan a cabo los ensamblajes de los equipos, así como las reparaciones de algunas averías.

- Área 9: Zona de expedición de equipos y de puesta a punto de los vehículos de trabajo asignados al servicio postventa. El abastecimiento de componentes para estos vehículos también se realiza desde el almacén ubicado en el área 8. Éste área también sirve como espacio para la recepción de las materias primas necesarias en los ensamblajes.

IV.1.2 Proceso de producción de equipos

El proceso de ensamblaje de la empresa comienza con la aprobación de presupuesto para un nuevo ensamblaje o, en determinados casos, la asignación al cliente de un equipo ya acabado que se encuentra en stock por parte del departamento de logística y gestión. Se realiza el orden de fabricación en el departamento de diseño, a continuación el pedido y la expedición de los materiales que se requieren. En caso de que se pueda abordar la fabricación en la empresa, el orden de fabricación se transmite simultáneamente al responsable del departamento de producción, al responsable del almacén de piezas y stock, y a la subcontrata encargada de fabricar los cuadros eléctricos con el autómatas correspondiente. Ellos son los encargados de organizar el trabajo entre los operarios según los criterios de urgencia temporal y máxima fluidez del trabajo para poder cumplir el compromiso adquirido con los clientes en lo concerniente a los plazos de entrega.

En algunos casos la empresa no puede hacerse cargo de todos los ensamblajes que se le solicitan, ya sea por volumen de trabajo acumulado o por indisponibilidad de algún componente específico. En tales casos se recurre a empresas subcontratas que se encargan de la fabricación y corrección de los equipos. En última instancia, es la empresa objeto de estudio la encargada de revisar cada equipo antes de dar la aprobación para su instalación.

Cada trabajo tiene un plazo límite establecido, acordado entre el departamento de diseño y el responsable técnico del cliente para garantizar la trazabilidad y el buen servicio. Este plazo debe cumplirse con la mayor eficacia posible ya que, de lo contrario, los órdenes posteriores se retrasan y los clientes no quedan satisfechos.

Una vez concluido el ensamblaje, los equipos se transportan con un camión a las centrales hortofrutícolas, donde los miembros del servicio postventa se encargan de su instalación y puesta en marcha. En la Figura 12 se expone el flujo de producción con detalle.

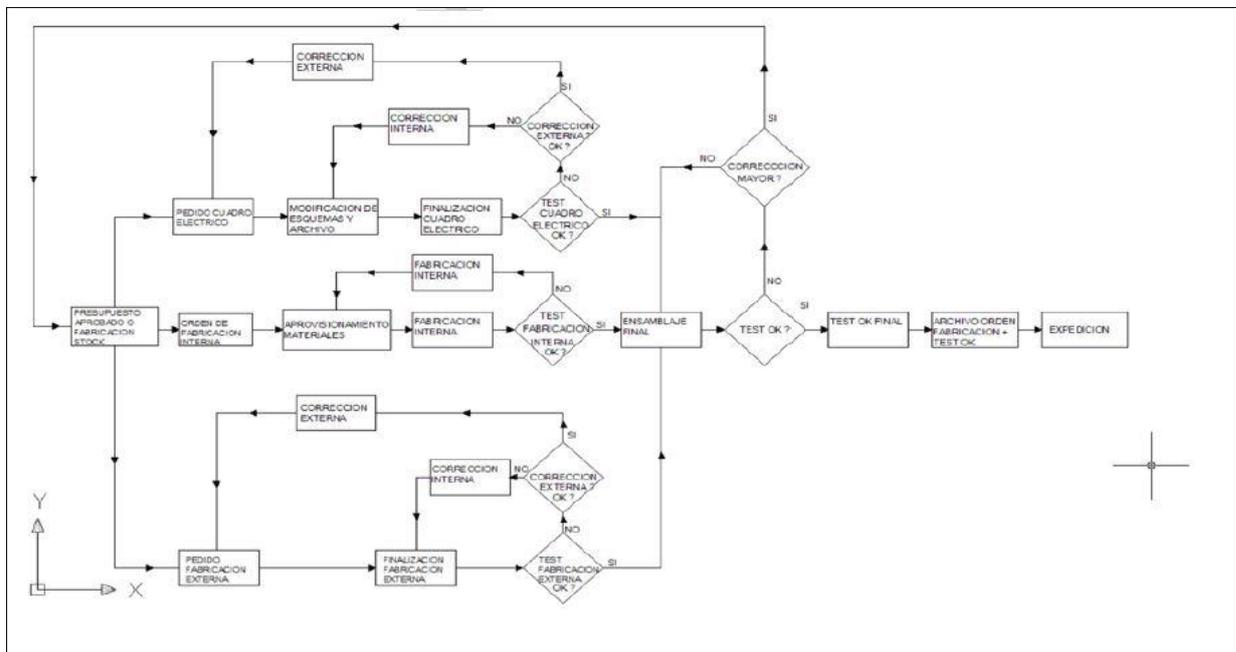


Figura 12 - Flujograma del proceso de producción de equipos electromecánicos
Fuente: TECNIDEX

IV.2- Materia prima y componentes

La gama de equipos diseñados y ensamblados por la empresa están formados por materiales de diferente naturaleza, así como de componentes hidráulicos o mecánicos que se incorporan directamente al ensamblaje.

Los conjuntos correspondientes a las estructuras metálicas de los equipos están contruidos a partir de chapas y perfiles de **acero inoxidable** de alta calidad, como puede observarse en la Figura 13. También los agitadores del depósito de producto y las boquillas de aplicación se construyen a partir de este material. Se utiliza el acero inoxidable debido a sus buenas prestaciones mecánicas y estéticas en servicio, así como la facilidad que presentan a la hora de eliminar los residuos que impregnan su superficie tras la aplicación de fungicidas, detergentes o ceras.



Figura 13 - Chapas de acero inoxidable.
Fuente: Guía de la Industria

La tornillería, los elementos mecánicos para equipos motores (cadenas, rodamientos, etc.), o los colectores para la distribución de los fluidos en los equipos de dosificación son de acero, ya que ofrece buen comportamiento en el servicio requerido para estas piezas, tanto en el plano mecánico como en el químico, y el factor estético influye en menor medida.

Las bombas de dosificación se eligen en función del fluido con el que vaya a trabajar el equipo en el que se instalen. Debido a las diferentes características fluidodinámicas de los productos con los que se trabaja, y dependiendo de las mismas, las bombas instaladas pueden ser:

- TEKNAEVO TPG: Es el modelo de bomba utilizado para la dosificación automática de los fluidos de menor densidad: fungicidas y detergente. Este modelo, que puede observarse en la Figura 14, dosifica proporcionalmente al recibir una señal externa procedente de un cuadro automático. La bomba programa automáticamente la frecuencia de la dosificación, adaptándola al tiempo que transcurre entre dos señales sucesivas. Es posible programar en segundos el tiempo más allá del cual la bomba pone en cero el conteo del intervalo, para evitar dosificaciones en tiempos demasiado largos.



Figura 14 - Bomba TEKNAEVO TPG para dosificación de baja densidad.
Fuente: Sekouk

- Husky™ 515: Es el modelo de bomba utilizado para la dosificación proporcional de ceras. Es una bomba de mayor potencia y capacidad de bombeo que la anterior, indicada para un tipo de fluido de mayor viscosidad como es la cera. A diferencia de la anterior, los pulsos de bombeo no se programan desde la misma bomba, sino que necesita un cuadro automático propio que le proporcione la frecuencia de pulsos. En la Figura 15 se muestra una imagen de esta bomba.



Figura 15 - Bomba Husky 515 de dosificación de ceras fitosanitarias.
Fuente: Mrostop

Tanto para los sistemas de aplicación en línea como de lavado se requieren equipos motores formados por agitadores, boquillas móviles aplicadoras del producto y cepillos que rotan entorno a un eje en la base de la línea para impregnar la fruta que la transita. La energía mecánica necesaria para producir el movimiento de estos sistemas se genera mediante motores eléctricos, como el que se muestra en la Figura 16. Estos motores también varían en función de la potencia requerida para cada equipo. Así, los motores instalados en los agitadores o en el mecanismo de accionamiento de boquillas son de menor potencia que los encargados de accionar los cepillos de impregnación.



Figura 16 - Motor eléctrico trifásico para equipos de dosificación.
Fuente: www.directindustry.es

Los depósitos de producto y los tubos para el suministro y dosificación de los mismos son de **polietileno**. Se utiliza este material ya que ofrece la dureza y resistencia necesarias para que el depósito no se deforme durante el proceso de agitación, y además, no degrada el producto químico que contiene, en este caso las ceras fitosanitarias. El diámetro de los tubos varía en función del caudal de producto que se vaya a dosificar, mientras que el volumen de los depósitos es genérico.

Las conexiones de estos depósitos con los tubos o los empalmes entre diferentes tubos se hacen mediante racores de **latón**, debido a su excelente resistencia a la corrosión y a las temperaturas extremas.



Figura 17 - Componentes racor de conexión en las instalaciones de fluidos.
Fuente: www.erl.es

Por último, todos los equipos llevan incorporado un cuadro eléctrico que incluye el software con el autómata configurable. Este cuadro está formado por aparamenta eléctrica de maniobra y de seguridad, cables de cobre para las conducciones y una pantalla táctil mediante la cual el responsable técnico de las centrales hortofrutícolas puede controlar y configurar el funcionamiento del autómata y el servicio que desea del equipo.

IV.3- Descripción del producto

El catálogo de productos electromecánicos de la empresa cuenta con tres tipos de tecnologías: CONTROL-TEC® DOS, CONTROL-TEC® ECO y CONTROL-TEC® CAM. Algunos de ellos se muestran en las Figuras 18 a la 24.

- CONTROL-TEC® DOS

CONTROL-TEC® DOS PCaD: es un sistema de aplicación por pulverización en cámaras con desinfectantes que permite la adecuada desinfección de las atmósferas y las superficies de las cámaras.



Figura 18 - Equipo "Control-Tec DOS.
Fuente: TECNIDEX

CONTROL-TEC® DOS PLD: se trata de un equipo destinado a la aplicación de detergente a la fruta que permite la aplicación de tratamiento fitosanitario mediante una cortina de espuma de detergente en la línea de confección. Detecta automáticamente el paso de la fruta, dosifica el fungicida y aplica de forma homogénea la espuma con la mezcla.

CONTROL-TEC® DOS PLC: es un aplicador de ceras cuya innovación reside en realizar esta aplicación de manera proporcional a la cantidad de fruta que circula por la línea de confección. La pulverización se produce mediante dos boquillas de la tecnología más avanzada, que van instaladas sobre un chasis móvil.



Figura 19 - Equipo "Control-Tec DOS PLC.
Fuente: TECNIDEX

CONTROL-TEC® DOS PLF: es un aplicador de fungicidas que realiza la dosificación de manera proporcional a la cantidad de fruta que circula por la línea de confección. Permite programar la dosis de fungicida, los kilos de fruta y el número de volcados y todo visualizarlo mediante una pantalla táctil.



Figura 20 - Equipo Control-Tec DOS PLF.
Fuente: TECNIDEX

CONTROL-TEC® DOS D: es un equipo diseñado para el tratamiento fungicida de frutas, especialmente cítricos, en palés mediante drencher o balsa. Fácil de utilizar y consigue una reducción de la cantidad de recursos: personal, carretillas elevadoras, transpaletas, etc. Detecta de forma automática la entrada y salida del palé y cuenta con un diseño especial para grandes cantidades de fruta.

CONTROL-TEC® DOS SOFT CPL: es un sistema de aplicación de fitosanitarios en las líneas de confección de las centrales hortofrutícolas con control centralizado y registro de tratamientos. El objetivo es que, en ningún caso, se puedan superar los límites máximos de residuos fungicidas en frutas.

CONTROL-TEC® DOS PLCi: tiene una función complementaria al equipo DOS PLC, prepara la fruta de manera previa, la cepilla y distribuye de manera homogénea el recubrimiento dosificado sobre la piel del fruto. Sobre su estructura de acero inoxidable de calidad alimentaria, se implementa una rulada de cepillos que giran sobre su propio eje. El sistema permite la variación de la velocidad de rotación de los cepillos en función de las condiciones de la fruta.

CONTROL-TEC® DOS PCD: consiste en una pulverización de producto desinfectante mediante boquillas. El objetivo es desinfectar atmósferas y superficies del almacén donde se guarda la fruta.



Figura 21 - Equipo Control-Tec DOS PCD.
Fuente: TECNIDEX

CONTROL-TEC® DOS DPF: dosifica de manera proporcional los fitosanitarios en frutas durante su aplicación en drencher o en balsa. Desde el cuadro de control se puede regular y programar los parámetros de funcionamiento. El llenado de la balsa del drencher con agua y fungicida es automático, siempre con un consumo mínimo de ambos pero exacto para el tratamiento de la fruta. Para garantizar la seguridad el acceso a la utilización del equipo se lleva a cabo mediante claves y contraseñas.

- CONTROL-TEC® ECO

La empresa cuenta con una tecnología que da solución a los problemas de depuración de aguas residuales fitosanitarias en las centrales hortofrutícolas a lo largo de todo el proceso de confección que recorre la fruta. Se trata de equipos y sistemas electromecánicos destinados a la reducción, reutilización y depuración de aguas. Cuenta con dos modelos de este tipo:

CONTROL-TEC® ECO D: es un sistema para la depuración de las aguas residuales procedentes de los tratamientos fitosanitarios realizados en las centrales hortofrutícolas. La capacidad de trabajo de esta tecnología permite depurar los elevados volúmenes de aguas residuales procedentes de tratamientos en recepción y expedición. Emplea técnicas específicas y novedosas de depuración tales como: tratamientos físico-químicos, decantación, filtración y adsorción.

A través de una pantalla táctil, conectada a un cuadro eléctrico se comanda el funcionamiento de todo el sistema. El sistema está patentado y ha sido desarrollado por un equipo multidisciplinar de la empresa, en colaboración con institutos tecnológicos y universidades.

CONTROL-TEC® ECO R: se trata de un sistema de reutilización de los caldos de drenchers y balsas, mediante el empleo de las últimas tecnologías de filtración y microfiltración, permitiendo separar y eliminar los sólidos y la materia orgánica para evitar su vertido, recuperando gran parte de los productos fitosanitarios empleados.

Es un sistema de alta eficacia para el control de bacterias y de hongos presentes en los caldos fitosanitarios mientras se mantiene la concentración fungicida. De esta manera CONTROL-TEC® ECO R permite a las centrales hortofrutícolas, posicionarse en un marco de responsabilidad medioambiental, asegurando procesos de calidad e incorporando tecnologías limpias que favorecen el desarrollo sostenible.

- CONTROL-TEC® CAM

La empresa completa su catálogo con tecnologías únicas a nivel mundial para el control y modificación de atmósferas en cámaras con el objetivo de desverdizar, madurar y conservar la fruta en mejores condiciones, así como eliminar la astringencia en los kakis. Son siete los sistemas que conforman el último gran grupo de electromecánica.

CONTROL-TEC® CAM SOFT: Es un sistema de software de control y visualización telemático de todos los parámetros que se desarrollan en el interior de las cámaras: humedad, temperatura, CO₂ y etileno de las cámaras de desverdización, maduración, desastringencia y conservación.

CONTROL-TEC® CAM C: La función de este sistema es el control total de atmósferas en cámaras para cítricos. Es un sistema de medición y control automático de la concentración de anhídrido carbónico y control del etileno en cámaras para la conservación, de gran fiabilidad y alta eficacia.

Permite la toma de muestras de aire, así como el análisis continuo de los niveles de CO₂ dentro de las cámaras para que los frutos estén siempre en su nivel óptimo. El control de los niveles de CO₂ bajos reduce la aparición de malos sabores en la fruta.

CONTROL-TEC® CAM D: Su misión es el control de atmósferas en cámaras de desverdización de cítricos. Está constituido por aerotermos generadores de calor y humedad relativa y por un panel de control desde el que se regulan eficazmente dichos elementos.

CONTROL-TEC® CAM H: Produce vapor de agua 100% mediante la vibración de discos piezoeléctricos de ultrasonidos que transforman el agua en microgotas ultrafinas de diámetro inferior a 4 micras. Permite mantener humedades relativas muy elevadas sin mojar las frutas ni las hortalizas, conservándolos más tersos y resistentes al ataque de microorganismos. Igualmente, reduce las mermas de peso y calidad, al poder saturar el ambiente de humedad, sin mojar las frutas y hortalizas.



Figura 22 - Equipo Control-Tec CAM H.
Fuente: TECNIDEX

CONTROL-TEC® CAM KAKI: Tiene como objetivo la eliminación de la astringencia y la conservación del kaki. Esta tecnología permite en un tiempo medio de 24 horas y sin producir manchas en los frutos, eliminar la astringencia de los kakis mediante atmósfera controlada de CO₂.



Figura 23 - Equipo Control-Tec CAM KAKI.
Fuente: TECNIDEX

CONTROL-TEC® CAM B: Este sistema fue diseñado para lograr la mejora en el tratamiento de desverdización de los cítricos. Se trata de un equipo de humidificación por boquillas pulverizadoras de aire y agua para cámaras de desverdización, maduración y conservación de gran fiabilidad y alta eficiencia. Con este sistema se obtiene una notable mejora en la calidad de los frutos cítricos en el proceso de desverdización y conservación ya que permite medir y controlar con la máxima precisión de la humedad relativa en el interior de la cámara.

CONTROL-TEC® CAM RESEARCH: CONTROL-TEC® CAM Research es un sistema con el que controlar y analizar las condiciones ambientales en cabinas transparentes de experimentación de frutas. Se trata de una cámara de investigación y experimentación. Aquí se introducen frutas y hortalizas, se aplican las distintas variables de concentración de gases, temperatura y humedad que se pueden aplicar en una cámara y se siguen visualmente, registrando todos los parámetros en una aplicación informática. De estos parámetros ambientales resultan gráficos e informes históricos, muy útiles para la investigación y el avance de la empresa.



Figura 24 - Equipo Control-Tec CAM RESEARCH.
Fuente: TECNIDEX

IV.4- Diagnóstico de la situación de la empresa

A lo largo de los últimos años, la empresa ha experimentado un crecimiento del volumen de producción en el departamento electromecánico. Para poder cubrir las nuevas cotas de producción se ha decidido aumentar el personal de operarios en el taller electromecánico para así ser capaces de asumir con garantías los nuevos requerimientos en el ensamblaje de equipos. Esta circunstancia ha afectado directamente al volumen de material expedido para los ensamblajes, cuyo aumento ha sido directamente proporcional al de expedición de equipos terminados. Sin embargo, el personal encargado de la gestión del almacén de componentes y el de suministro de materias primas se han mantenido tal como estaban antes de dicho aumento. Este desajuste ha provocado algunos problemas en la cadena de suministro y producción de los equipos, en su ámbito de control logístico de recepción, expedición de componentes y gestión de almacenes.

El presente trabajo pretende proponer algunas conclusiones sobre aspectos de mejora y optimización del funcionamiento de este departamento, en su cometido de fabricación de equipos. Estos aspectos de mejora y optimización se encuadran principalmente en el ámbito de la logística, como se confirma desde la dirección de operaciones del departamento.

Se han detectado tres vías de optimización a las que se van a proponer soluciones reales para su implementación. Éstas vías son:

1. Rotura de stock de componentes para el ensamblaje de equipos.
2. Desajustes de inventario que se producen entre la expedición de material y el material realmente empleado en la obra.
3. Indefinición del tiempo de producción de cada equipo.

Una vez hechas las propuestas de optimización sobre estos tres planos de actuación, se planteará un análisis de viabilidad técnica y económica de las mismas.

Se han valorado también posibilidades de optimización en el ámbito de fabricación de los equipos, en su producción física. Todas ellas irían enfocadas a la automatización de procesos del ensamblaje, ya sea en equipos completos finalizados o en ensamblajes de determinados conjuntos con alta demanda. Pero la conclusión ha sido que no resulta viable invertir en ello, ya que el volumen de producción no es suficientemente elevado como para rentabilizar la implementación de estos sistemas de automatización de la producción en el taller electromecánico. No obstante, es una vía de desarrollo de la producción que queda abierta para el futuro, y que podría llegar a rentabilizarse en algún momento si el crecimiento de la empresa garantiza un volumen de producción suficiente.

Capítulo V – Diagnóstico y optimización del sistema productivo

V.1- Introducción

Del análisis realizado en los capítulos IV y V, así como de las indicaciones de los operarios y la dirección de operaciones del departamento electromecánico, se han extraído conclusiones sobre las problemáticas que se presentan en el transcurso del proceso productivo. Como se ha indicado anteriormente de manera razonada, todas ellas están vinculadas al ámbito de la logística, en la que influyen diferentes ámbitos de la producción electromecánica, según el siguiente esquema, reflejado en la Figura 25:

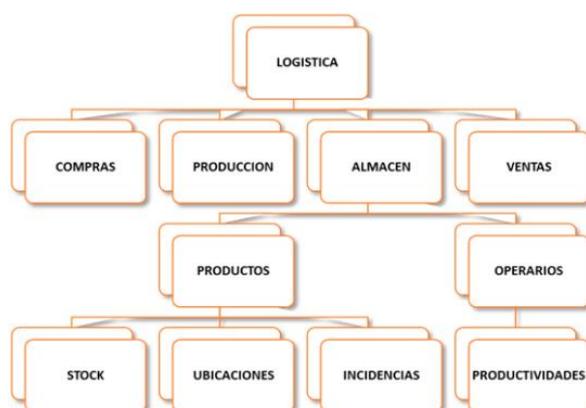


Figura 25 - Organización de la logística de la empresa.
Fuente: Elaboración propia.

La logística del departamento de producción electromecánica abarca el control de todas las compras de materias primas que se realizan para este sector de la empresa, la producción de los equipos, el modelo de gestión de almacenes y la puesta en venta o el alquiler de los equipos terminados. Por tanto, es desde la logística del departamento electromecánico desde donde se debe obtener la perspectiva adecuada para el análisis del sistema productivo completo, y con ella identificar las soluciones de optimización de tiempos y costes.

En los últimos años, la empresa ha experimentado un notable crecimiento en volumen de negocio. Por ello, el departamento electromecánico ha visto cómo su actividad y su volumen de inversión anual crecían hasta un 23%. En el año 2013, la empresa firmó el contrato de instalación de nuevos equipos más importante de toda su historia. Por tanto, se requería una inversión en inventario acorde a las circunstancias. Ésta evolución anual de la inversión puede verse con detalle en la Figura 26.



Figura 26 - Evolución interanual del inventario.
Fuente: Elaboración propia.

El aumento en la producción de equipos, ligado al mantenimiento de los sistemas iniciales de abastecimiento, ensamblaje y gestión de almacenes han provocado una serie de problemáticas en el proceso de producción e instalación de los equipos, que afectan en mayor o menor medida a todas las áreas implicadas en dicho proceso.

En primer lugar existe un conflicto a la hora de definir el punto de pedido de materiales, de manera que no se produzca **rotura de stock** de componentes de los equipos durante el proceso de fabricación en el taller electromecánico, o durante las tareas de mantenimiento y gestión de equipos por parte del servicio postventa en las centrales hortofrutícolas. En repetidas ocasiones los operarios ven interrumpida la continuidad en su trabajo debido a este problema, al que se proponen algunas soluciones en el presente trabajo.

También se han detectado repetidamente en los albaranes **desajustes de inventario**. Esto es, diferencias entre los componentes especificados en las órdenes de obra por parte del servicio postventa con los que realmente se necesitan y debe expedir el área de logística. Estos errores se deben a la falta de rigor a la hora de redactar algunas órdenes de obra, o a la solicitud errónea de componentes por parte de los técnicos del taller electromecánico o los del servicio postventa. Cuando se producen, dificultan las tareas de realización de presupuestos y de control logístico de inventario.

Por último, el departamento ve muy condicionada su marcha a los tiempos dedicados a cada obra. Sin embargo no tiempos establecidos de producción de cada equipo debido al carácter manual y muchas veces imprevisible de dicha producción. No obstante podría hacerse un acercamiento aproximado de los tiempos de producción si se su estudio se basa en los tiempos de suministro de material y componentes. Ésta será pues la última solución propuesta en este trabajo: la **definición aproximada de los plazos de entrega** del producto finalizado en base a los tiempos de suministro de las materias primas para su ensamblaje.

Éstas tres problemáticas han sido detectadas por la empresa objeto de estudio. Sin embargo, es una problemática que se repite con frecuencia en las empresas del mismo sector.

Al tratarse de empresas enfocadas sobre todo a la producción y comercialización de los productos químicos fitosanitarios, los sistemas de producción de los equipos electromecánicos para su aplicación gozan de menor inversión, ya que no se comercializan y apenas se obtiene beneficio económico directo por su alquiler. Su valor está en el nivel de la tecnología aplicada a los mismos para realizar sus funciones de manera sencilla y eficaz.

Las pérdidas económicas por extravío o rotura de componentes han estado por encima de los costes que se pretenden para esta partida presupuestaria. Las pérdidas económicas en este concepto alcanzan un 3% de la inversión anual en inventario, y 2013 fue su año más crítico, cuando la empresa abordó las obras de ensamblaje de equipos e instalaciones más importantes de su historia. El balance final de aquel año fue de 10.230 € de pérdidas para un presupuesto inicial de 341.000 €. Un valor que supone una referencia de cara al estudio de viabilidad económica, ya que nunca antes se había alcanzado esa cota.

Durante el resto de ejercicios, las pérdidas han sido más reducidas, alcanzando aproximadamente el 2,5% la mayoría de las veces.

A continuación se presenta un diagrama con las pérdidas económicas anuales de inventario, previas a la aplicación de las medidas que se proponen en el presente trabajo. Como puede observarse en la Figura 27, el aumento de la producción continúa elevando las pérdidas.

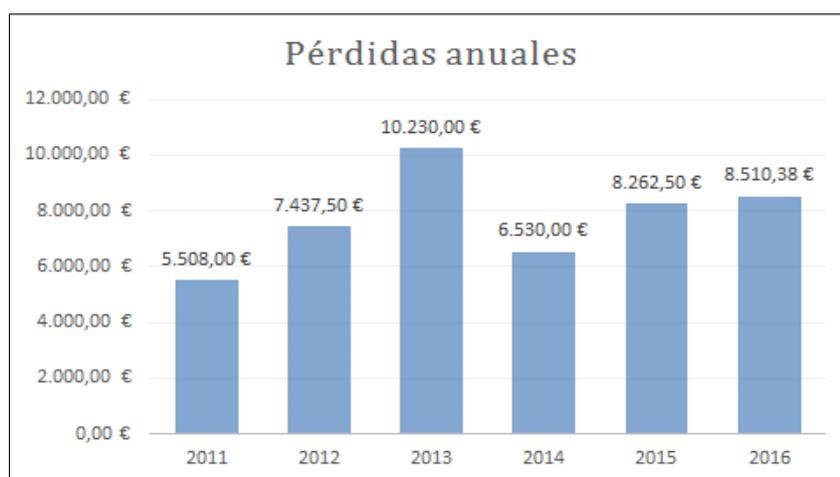


Figura 27 - Evolución interanual de las pérdidas de inventario
Fuente: Elaboración propia

Para abordar las propuestas de solución a las cuestiones planteadas, los responsables de operaciones de la empresa han buscado algunas soluciones organizativas de la producción que, de alguna manera, ayuden a reducir las pérdidas económicas y logísticas, incidiendo en los aspectos más determinantes del proceso de producción. Los cuatro ámbitos de actuación a valorar han sido: RRHH, renovación del sistema logístico de materiales, reorganización/renovación del sistema de gestión de almacenes y distribución en planta.

Las soluciones que se proponen están directamente vinculadas entre ellas, aunque son independientes y podrían adoptarse por separado, dependiendo del presupuesto disponible y los plazos de amortización que requiera el cliente, en cada caso.

En los capítulos siguientes se ha hecho un estudio en profundidad de las problemáticas presentadas en el apartado V.1, posteriormente se realiza un estudio técnico de algunas alternativas para su resolución, y al final, se valorará su viabilidad económica, estableciendo su periodo de amortización para su implementación en el sistema de producción de equipos electromecánicos de la empresa.

La intención es la de optimizar los resultados del balance de producción, sobretodo en la reducción de pérdidas económicas anuales y en el mantenimiento de cierto control sobre los tiempos de producción y plazos de entrega de los equipos finalizados.

V.2- Detalle de las problemáticas presentadas

V.2.1- Rotura de stock

Los inventarios, o stocks, se suelen considerar para cualquier sistema productivo como una inversión, ya que se definen como cualquier recurso ocioso que es almacenado en espera de ser utilizado. En nuestro caso, estos recursos almacenados son las materias primas (chapas, perfiles, tornillería, etc.) y demás componentes a partir de los cuales se construyen los equipos electromecánicos y las instalaciones para las cámaras de conservación y desverdización. El stock de la empresa puede clasificarse según su tipología:

- Piezas de repuesto: Son aquellas piezas que se necesitan para evitar interrupciones en el funcionamiento cotidiano de los equipos en las centrales hortofrutícolas.
- Suministros industriales: Materiales que son empleados en el proceso de ensamblaje y producción, pero no son parte del equipo final terminado. En este tipo se encuadran elementos como herramientas, lubricantes, disolventes, etc., que son necesarios tanto en el proceso de ensamblaje como en las tareas del mantenimiento cotidiano de los equipos.
- Materias primas: Utilizadas en el proceso de fabricación tal como se reciben de los proveedores.
- Ítems de fabricación ajena: componentes necesarios para el ensamblaje y el correcto funcionamiento de los equipos, pero que conviene adquirir en el exterior en vez de producirlos en la propia empresa. Son componentes que se instalan o se almacenan sin ser modificados, como las bombas, los motores, etc.
- Productos en curso: Conjuntos ensamblados o partes de equipos que ya han sido transformados en la fábrica a partir de su estado bruto, y sin almacenados según la planificación y el orden de la producción de la empresa.
- Productos terminados: Aquellos equipos que ya han sido ensamblados completamente, controlados y aprobados por la inspección final. Están listos para su expedición.

Las principales funciones de estos inventarios son múltiples tanto en el sector productivo como en el de servicios. En nuestro caso, la razón de existencia del stock de componentes es, principalmente, la necesidad de hacer frente a la demanda de productos finales contando con

cierto grado de aleatoriedad en la demanda, aunque con ello también se busca nivelar el flujo de producción generando más stock de componentes en etapas de baja demanda y así tenerlos disponibles en etapas de máxima producción.

El stock va a servir para:

- Anticiparse a la demanda
- Cubrir las fluctuaciones de la demanda y suministro.
- Beneficiarse de descuentos ofertados por los proveedores.
- Cubrir el tiempo necesario para mover materiales de un lugar a otro de la cadena de suministro.
- Protegerse contra las fluctuaciones de precio del mercado.

Sin embargo, al igual que la acumulación de stock ayuda a mejorar el servicio, también puede perjudicar en forma de costes.

- Asociados a su producción.
- Asociados a su transporte.
- Asociados a su almacenamiento.
- Asociados a su obsolescencia

Desde el almacén adjunto al taller electromecánico -en el área 8 del mapa en la Figura 11- se ha identificado la descoordinación entre el servicio postventa, los operarios del taller electromecánico y los gestores del almacén en el proceso de solicitud-expedición de nuevos componentes destinados a reparaciones o nuevos ensamblajes. El proceso de aprovisionamiento de componentes sigue el proceso mostrado en la Figura 29:

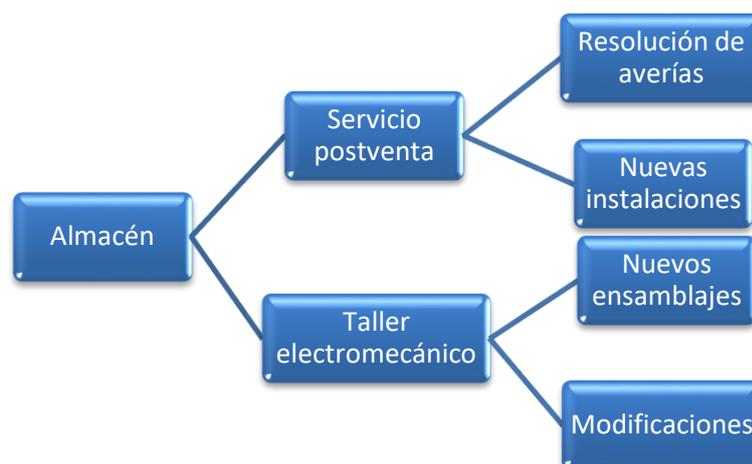


Figura 29 - Flujograma de aprovisionamiento de componentes.
Fuente: Elaboración propia.

El problema de la rotura de stock de componentes tiene diferentes causas. Por un lado el servicio postventa realiza las demandas de nuevos componentes al gestor de almacenes al final de cada jornada de trabajo.

Esto provoca la imposibilidad de que el gestor de almacenes pueda aprovisionar al técnico postventa a primera hora de la jornada siguiente, ya que los proveedores de material y componentes están fuera de servicio en el momento de la solicitud. Por tanto, la resolución de la avería o el cambio de componente requerido por el cliente se retrasan hasta que el gestor de almacén pueda abastecer al técnico.

Esta circunstancia hace perder calidad al servicio prestado por este tipo de empresas, donde los clientes suelen exigir inmediatez y atención ininterrumpida.

Por otra parte, en el abastecimiento a los operarios del taller electromecánico también surge la problemática de la rotura de stock de componentes. Debido al carácter aleatorio y casi imprevisible de las demandas de los clientes, en el taller electromecánico se produce constantemente la falta de algún componente o componentes durante el proceso de fabricación. Esta circunstancia provoca la interrupción de los procesos de ensamblaje y el continuo cambio de tarea en los operarios, lo cual a su vez genera retrasos en la entrega y mengua en cierta medida la calidad en la producción.

Inicialmente, los sistemas de solicitud y expedición de componentes son muy básicos. En el caso de los técnicos del taller electromecánico disponen de una libreta en la que anotan los pedidos para entregar al responsable de almacén.

Por su parte, los técnicos del servicio postventa utilizan los albaranes redactados al acabar su jornada en la central para repasar los componentes que necesitan y demandárselos al responsable de almacén. Toda esta problemática se ve acentuada con el aumento gradual de la producción que ha habido en los últimos años, reflejada en la Figura 26.

Los gestores de almacén, en ocasiones, se ven desbordados por el volumen de pedidos y expediciones que deben hacer, cometiendo errores involuntarios en su registro.

Tanto los técnicos postventa como los del taller electromecánico llegan al final de cada jornada cargados de nuevos pedidos para el almacén o para los comercios que suministran la materia prima a la empresa. En ocasiones, los stocks de algunos componentes situados en las furgonetas del servicio postventa se acaban, y la reserva que queda en el almacén, también.

Para evitar en lo posible algunas de las casuísticas descritas, pueden llevarse a cabo algunas acciones, sin implicar un orden temporal en ellas:

- Concienciar a los responsables y gestores del almacén de la importancia de mantener una estricta contabilidad de los materiales y componentes en stock.
- Tomar medidas que impidan la retirada de componentes en stock sin la correspondiente autorización, así como su registro.
- Realizar controles de existencias con el objetivo de actualizar los datos, buscar las posibles causas de las desviaciones y realizar acciones que las corrijan.

Además, en el presente trabajo se presenta una alternativa técnica para facilitar estas acciones, que consiste en la instalación de un sistema ERP. De esta alternativa se expone una evaluación técnica y un estudio sobre el tiempo de amortización tras su instalación, en base a la inversión inicial.

V.2.2- Desajustes de inventario

En el transcurso del trabajo en el departamento de logística, se identifican de manera constante desajustes de inventario, es decir, componentes con los que se cuenta en las listas de stock pero no se encuentran físicamente. O al revés, componentes que aparecen en las estanterías del almacén y sin embargo no aparecen en las listas de stock.

Estas situaciones se producen por varios motivos, identificados de manera conjunta entre los miembros de todos los departamentos implicados. Principalmente, son los siguientes:

- **Imprecisión en la redacción de la orden de obra** por parte del departamento de diseño.
- **Auto-abastecimiento de componentes** por parte del personal del taller electromecánico o el servicio postventa, sin registrar el material recogido.
- **Extravío o rotura** de componentes que no se registran.

Los equipos y tecnologías para la industria postcosecha de la empresa no siguen un diseño estándar para todos los clientes. Como se ha explicado anteriormente, los equipos e instalaciones se adaptan a las instalaciones y exigencias de los clientes.

Por ello, resulta imposible la redacción de modelos estándar de inventarios para los ensamblajes o las instalaciones de las cámaras de desverdización. A la hora de redactar cada nueva orden de obra, el departamento de diseño y el de logística deben atender a los requisitos mencionados, circunstancia que aumenta la posibilidad de imprecisiones o errores en el proceso.

Por otro lado, el responsable de almacén de componentes no puede estar permanentemente en el puesto de registro, ya que atiende algunas responsabilidades complementarias, y el almacén queda abierto y sin control en muchos periodos de tiempo a lo largo de cada jornada laboral.

Durante este tiempo el resto de operarios del taller continúan con sus tareas de ensamblajes, y es frecuente que en el transcurso de las mismas se produzcan roturas en las herramientas o en los componentes expedidos. Estos componentes deben ser repuestos con la mayor brevedad posible, para poder continuar con la tarea y no retrasar los tiempos de finalización y entrega.

Por ello, es habitual que los mismos operarios del taller electromecánico entren al almacén y cojan el componente que les haga falta. El gestor del almacén es consciente de estas situaciones, por ello, desde el principio dio la orden de notificarle en una lista los componentes que habían sido extraídos del almacén durante el periodo de tiempo en el que se ausentaba del almacén. Pese a ello, los operarios del taller electromecánico suelen olvidar su registro o cometen errores a la hora de anotar la referencia del componente que acaban de coger del almacén.

También los técnicos del servicio postventa caen en ese tipo de prácticas, ya que al finalizar su jornada de trabajo disponen de poco tiempo para reponer los componentes utilizados durante el día, y no siempre pueden ser atendidos por el responsable de almacén. Así, al llegar a las instalaciones de la empresa después de una jornada en la central del cliente, repiten la forma de actuar de los técnicos del taller electromecánico.

Los desajustes de inventario en ocasiones provocan situaciones de desconfianza con nuevos operarios. En los casos de extravío de herramientas o componentes se intenta identificar el momento y la causa del mismo. Habitualmente se trata de herramientas que han sido olvidadas en algún puesto de la central hortofrutícola, durante una tarea de instalación de equipos o de reparación de alguno que haya sufrido una avería. También se han dado casos de préstamos de componentes o herramientas a técnicos que no pertenecen a la empresa durante las tareas antes mencionadas, que al final no son devueltas y también se pierden. Por último, queda comentar la posibilidad de hurto de herramientas y componentes por algún técnico de la empresa. Aunque no se debe señalar a ninguno de los técnicos que trabajan para la empresa de haberlo hecho, no deja de ser otra posibilidad más de extravío de material.

Para el desarrollo de las tareas de control de existencias en stock, se utiliza el sistema tradicional de análisis de inventario anual. Este inventario implica el recuento físico de todas las existencias una vez al año, normalmente a final del ejercicio anual, o durante alguno de los periodos vacacionales, en los que la actividad es menor. Pese a ser una práctica habitual en muchas empresas, no es muy eficiente, ya que el intervalo de tiempo entre revisiones resulta demasiado extenso y, durante el mismo, no se tienen en cuenta las posibles desviaciones o faltas, circunstancia que puede resultar muy negativa para la gestión de los materiales.

Para compensar este defecto del método, en ocasiones se practican recuentos o inventarios cíclicos en algunos de los artículos con mayor uso. Estos recuentos de periodicidad reducida ayudan a precisar los recuentos y reducir el grado de inexactitud.

Para precisar al máximo los recuentos e inventarios, será necesario recurrir a sistemas informáticos o algún software de gestión que contabilicen, mediante sistemas de códigos de barras, tanto los equipos completamente ensamblados como los componentes o partes específicas de los mismos. Ésta es una de las medidas que se proponen en los siguientes capítulos del presente trabajo.

En definitiva, las causas de los desajustes de inventario son, en la mayoría de ocasiones, de carácter imprevisible o errores involuntarios en las tareas. Como ya se ha explicado, los métodos tradicionales para reducir el impacto de estos desajustes utilizados hasta ahora son ineficientes, y necesitan ser renovados por nuevos sistemas de gestión, como ya se ha expuesto en la problemática anterior de los que se presenta un estudio técnico y de viabilidad económica en los capítulos posteriores.

V.2.3- Indefinición de los plazos de entrega

Desde la dirección de operaciones, se ha detectado también la necesidad de determinar con cierta precisión el plazo de entrega de los equipos requeridos por los clientes. Para cada contrato de instalación se acuerda un plazo máximo de entrega con el cliente, siendo éste uno de los puntos importantes a valorar en los contratos. En la actualidad este plazo se determina únicamente por estimación, en base a la experiencia y los antecedentes de instalación con características similares.

La empresa planifica sus trabajos combinando el criterio cualitativo de los clientes y el de la urgencia que requiera cada instalación. El criterio cualitativo consiste en dar prioridad en el servicio a clientes de mayor consumo de productos químicos, de manera que sean ellos quienes gocen de un servicio más personalizado. Por su parte, la urgencia en el servicio puede variar en función de los acontecimientos cotidianos que se den en cada central hortofrutícola, y debe adaptarse diariamente a las necesidades marcadas según el criterio anterior.

Así, se debe analizar el ámbito de secuenciación de la producción de equipos para ver si es posible identificar los tiempos de producción, y con ellos, poder **determinar los plazos de entrega**.

La producción de equipos electromecánicos sigue el modelo *Job-Shop*, es decir, el de todas aquellas empresas que fabrican sólo bajo pedido, y cuyos productos tienen una relación de procesos y secuencias particulares. Se producen lotes pequeños, de ítems muy dispares, los cuales tienen diferentes secuencias de paso por los centros de trabajo (CT). Los CT se utilizan para desarrollar una o varias operaciones de las rutas de algunos ítems. En este caso se pueden identificar los CT con los diferentes puestos de los técnicos del taller electromecánico, o las diferentes tareas que se realizan en el mismo. Además, para cada uno de los CT, la obtención de un lote de equipos o conjuntos electromecánicos puede diferir notablemente en términos de materiales o componentes necesarios, tiempo de procesamiento, necesidades de preparación o el carácter más o menos urgente de fabricación.

El sistema *Job-Shop* presenta ventajas y desventajas, que se presentan a continuación:

Ventajas

La principal ventaja consiste en la flexibilidad de su producción, es decir, un número elevado de salidas de producto en el ámbito de referencias. El sistema *Job-Shop* facilita tener un espectro amplio de productos en catálogo. Por otro lado, al compararse con un sistema *Flow Shop* -secuencia de paso idéntica por cada proceso de fabricación- se pueden abordar las corridas de producción inusuales, en este caso existe una mayor flexibilidad en la programación por parte del *Job Shop*, dado que se puede organizar y ejecutar como un sistema con mayor flexibilidad de asignación de procesos para cada ítem producido.

Desde el punto de vista de la rentabilidad, la principal ventaja consiste en la baja inversión en equipos, al ser de uso y propósito general.

Desventajas

- Altos tiempos de aislamiento, como consecuencia de la preparación necesaria en cada cambio de referencia.
- Se necesitan inventarios de producto en proceso si se quiere sostener un flujo, debido a los cambios de referencia. Es habitual que este tipo de inventarios no se haga, como en el caso de la empresa objeto de estudio, incurriendo en bajos índices de utilización de los CT.

- La alta variabilidad de la secuencia de los procesos afecta a la confiabilidad en las estimaciones de los tiempos de proceso, dificultando la definición de los plazos de entrega y la planificación de los trabajos.

Muchos especialistas han propuesto como característica del *Job-Shop* un layout orientado al proceso -una de las bases de la producción en serie del siglo XX- es decir, el agrupamiento de los procesos de fabricación en función de la tecnología empleada. Esta propuesta de configuración se sustenta en el hecho de que no existe un flujo único de elaboración en todos los ítems del *Job-Shop*. Sin embargo, el enfoque de la manufactura esbelta es también aplicable al *Job-Shop*, este consiste en que las máquinas e instalaciones deben disponerse en función al flujo de producto, independientemente de que exista más de una secuencia de producción, tal como observaremos a continuación.

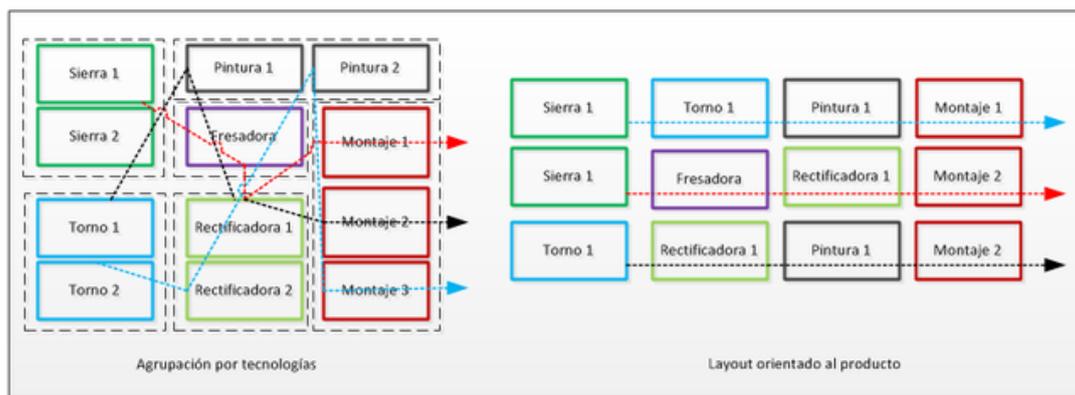


Figura 30 - Flujogramas de modelos de producción *Job-Shop*.
Fuente: www.ingenieriaindustrialonline.com

En la Figura 27 se observa cómo independientemente de que existan varias configuraciones diferentes de procesos y secuencias (*Job-Shop*), se puede establecer una distribución en las etapas de producción orientada al producto que nos proporcione un flujo de materiales conocido y continuo.

Teniendo en cuenta la información expuesta en los párrafos anteriores, podemos concluir que programar un sistema de producción *Job-Shop* es tarea de suma complejidad, debido a la alta variabilidad de la secuencia de los procesos, tiempos de procesamiento, tamaño de los lotes, reutilización de estaciones de trabajo, etc.

Por ello, la optimización matemática no se utiliza en la producción de equipos de la empresa objeto de estudio, ya que el sistema *Job-Shop* se constituye en un problema de ruteo NP-Hard, donde las alternativas crecen de forma exponencial, haciendo que el tiempo de modelamiento sea muy alto.

En el caso de que se intentara programar un sistema *Job-Shop* como el que se ha descrito, se deberían utilizar reglas de asignación para la programación de la producción a corto plazo (*First Come, First Served, Shortest Processing Time, Earliest Due Date, etc.*), y establecer un seguimiento a los indicadores de producción más importantes para la empresa, comparándolos con las alternativas de prioridad.

En el caso de la empresa objeto de estudio, se recurre siempre al principio de *Earliest Due Date*, esto es, el trabajo que tenga la fecha de entrega más próxima se procesa en primer lugar. Esta regla no supone un criterio de programación fijo. La elección de la secuencia de producción diaria se obtiene relacionando esta regla con el criterio de tipo de cliente o cliente cualitativo que se ha explicado anteriormente, y en función de ellos se determina cómo se ven afectados los indicadores de la programación de la producción (tiempos de espera, utilización, retrasos, etc.).

En conclusión, resulta tarea casi imposible la de determinar de manera exacta los tiempos de producción de los equipos, así como la de fijar una secuencia diaria de operaciones para los trabajos que se requieren. Por tanto, la alternativa que queda es la de establecer los plazos de entrega de los equipos en base a los tiempos de suministro de los materiales necesarios para su fabricación. Esto sí resulta posible de determinar, ya que los tiempos de suministro de cada material son siempre los mismos para cada tipo de material, lo que va a permitir establecer un plazo máximo de comienzo de la fabricación del equipo desde la firma de su orden de obra. A partir de ahí, el plazo máximo de finalización del equipo y entrega al cliente se seguirá estableciendo de manera empírica en base a la experiencia anterior, tal y como se viene haciendo actualmente.

Para facilitar la tarea de conocer los tiempos de suministro de cada material, y el establecimiento de unos periodos estándar de producción de cada equipo en base a su estimación para poder determinar así los plazos de entrega de cada equipo, se necesita implantar un sistema de software de gestión de tiempos y stocks que se describe en los capítulos siguientes. La propuesta de esta medida se valora desde el punto de vista técnico y económico.

V.3- Conclusiones

De las problemáticas presentadas en el apartado anterior se extrae la conclusión de que existe la necesidad de incorporar en el sistema de producción de equipos electromecánicos de la empresa un sistema computacional de planeación de recursos, es decir, un sistema que, apoyado en las Tecnologías de la Comunicación y la Información (TIC's), gestione y controle de la mejor manera posible los recursos, procesos y operaciones de la empresa. Se trata de un sistema ERP (*Enterprise Resource Planning – Planificación de Recursos Empresariales*) que tenga ver con la producción, la logística, el inventario, los envíos y la contabilidad. Además, deberán proporcionar los datos necesarios de tiempos de suministro y el servicio de redacción de albaranes.

Estos sistemas funcionan como un sistema integrado, y aunque puede tener menús modulares, son un todo. Es decir, es un único programa con acceso a una base de datos centralizada.

El propósito de los sistemas ERP es apoyar a los clientes de la empresa, dar tiempos de respuesta rápidos a sus problemas, así como un eficiente manejo de información que permita la toma de decisiones y minimizar los costes.

Los ERPs funcionan en todo tipo de empresas y su selección depende de factores que se abordan en capítulos posteriores.

Hoy por hoy, existen dos grandes grupos de softwares para las necesidades de las empresas. Una de ellas es la que da soluciones con un software especializado para determinada industria, y responde a necesidades puntuales. Éstos son los ERPs verticales.

La segunda es el tipo de software que sirve para la administración de cualquier empresa y tiene posibilidades de configuración que permite personalizar la solución para un determinado caso. Éstos son los ERPs horizontales.

En el caso de la empresa de estudio, y como se va a estudiar a continuación, se debe instalar la opción de ERP horizontal, junto a unos dispositivos accesorios al mismo, de los cuales también se estudiarán sus características técnicas de funcionalidad y su viabilidad económica.

Capítulo VI – Evaluación técnica de soluciones

Llegados a este punto, se ha estudiado en qué consiste la tecnología postcosecha en cítricos, los equipos principales que se utilizan en ella y el proceso de producción de éstos equipos para líneas de confección en este tipo de industrias. En el presente capítulo se evaluarán las soluciones técnicas al estudio planteado.

La decisión final se tomará en función de las necesidades de la planta de producción y las condiciones estructurales y de sistema productivo de la empresa en este ámbito.

Para ello, se hace un análisis general de la situación de los softwares de gestión o sistemas ERP instalados en empresas de producción industrial con el objetivo de presentar sus funciones y explicar el objetivo de su aplicación al sistema de producción de la empresa objeto de estudio en el ámbito de la producción de equipos electromecánicos. En los siguientes apartados, se examinará el software elegido y se propondrá la implantación de un accesorio al mismo para optimizar sus funciones.

VI.1- Evaluación del software de gestión (sistema ERP)

Para determinar qué software de gestión es el más indicado para incorporar al sistema de producción de equipos electromecánicos, se parte de unos objetivos establecidos desde la Dirección de Operaciones de la empresa, los cuales se extraen del diagnóstico del modelo productivo, explicado anteriormente. Se trata de unos objetivos claros para mantener el control sobre la cantidad de ítems adquiridos, la cantidad de ellos que han sido empleados y amortizados, y cuáles de ellos se han extraviado de cualquiera de las maneras que se han explicado anteriormente. En definitiva, se trata de buscar la optimización del sistema productivo reduciendo costes y mejorando la planificación. Los objetivos concretos a conseguir mediante el apoyo del software de gestión son los siguientes:

- Administración de manera eficaz de la contabilidad y el inventario.
- Gestión de los presupuestos.
- Planificación de las ofertas en tiempo y presupuesto.
- Seguimiento de los costes y el uso de los recursos.

De esta forma, la búsqueda del ERP adecuado se centra en aquellos que combinen las prestaciones indicadas.

Tomando como referencia dichas prestaciones, se ha realizado un seguimiento a empresas que disponen de sistemas de producción con características de *Job-Shop* similares al de la empresa objeto de estudio. Posteriormente, se ha recopilado la información necesaria para poder realizar un estudio exhaustivo sobre la opción que, a priori, parecía la indicada.

Por lo general, las empresas (o los consultores que contratan) elaboran largas listas de elementos que deben ejecutar los programas de software. Dichos elementos se suelen agrupar por funciones (introducción de pedidos, envíos, etc.) y después se clasifican por nivel de importancia (necesario, recomendable, etc.). Estas listas son muy útiles, pero no pueden sustituir algo fundamental como la necesidad de establecer una serie de objetivos, y pueden incluso llegar a crear más confusión, en lugar de aportar claridad.

A la hora de elegir un ERP, es importante contar con el consenso de los responsables empresariales ya que la tarea de elegir un ERP es al fin y al cabo una decisión empresarial, y no sólo una decisión del responsable informático o el director de operaciones. La lista debe recoger los objetivos de la empresa al instalar el software de gestión, y en base a ello se podrá decidir qué paquetes de software podrán ayudar mejor a la consecución de dichos objetivos.

Seleccionar e implementar un ERP es un proyecto arduo y caro. Mientras que las necesidades del negocio objeto de estudio debe guiar la elección, también hay que tener en cuenta las prestaciones que ofrece cada solución tecnológica. La definición de la estrategia y los procesos de producción no importan si el software de gestión utilizado no es capaz de proporcionar los resultados necesarios. Una elección equivocada del sistema ERP será otro obstáculo en la consecución de los objetivos establecidos.

La compañía *IDC Manufacturing Insights* realizó una investigación recientemente en la que demostró que el 34% de los fabricantes encuestados señalaban que los sistemas ERP ineficaces o inadecuados eran un obstáculo principal para conseguir una correcta optimización operacional de los sistemas productivos.

Los nuevos ERP ofrecen funcionalidades que expanden las funciones de negocio, como las operaciones de fabricación, finanzas, gestión de relaciones con los clientes, gestión del capital humano, gestión de la cadena de suministro, etc. Teniendo todo esto en cuenta, hay que centrarse en los agentes impulsores del negocio objeto de estudio, y analizar las prestaciones que diferencian a los diferentes ERP del mercado. Algunas de las prestaciones que hay que tener en cuenta son las que se presentan en la Figura 31: funcionalidad, facilidad de uso, adecuación al tipo de negocio, capacidad de integración con los sistemas existentes y opciones de implantación. (Aberdeen Group, *Best-in-Class Strategies for Selecting an ERP Solution in 2013*)



Figura 31 - Criterios de selección para sistemas ERP.
Fuente: Castellina, N., Krensky, P., (Aberdeen Group, 2013)

De acuerdo con el estudio del *Aberdeen Group* (Best-in-Class Strategies for Selecting an ERP Solution, julio 2013), la funcionalidad y facilidad de uso son dos de los criterios de selección más importantes para los fabricantes a la hora de seleccionar un ERP.

Funcionalidad: los sistemas ERP clásicos estaban concebidos habitualmente en base a un concepto económico, centrándose en la gestión financiera, como libros de cuentas generales, cuentas a cobrar, etc. No obstante, hoy en día los fabricantes tienen una nueva serie de requisitos, y por ello necesitan que los ERP sean más operativos y estén mejor equipados para servir a la empresa en su conjunto. Tanto en el ámbito financiero como en el productivo.

El ERP seleccionado debe favorecer un ambiente de toma de decisiones y ser suficientemente flexible para adecuarse a los procesos de negocio, sin forzar cambios en dichos procesos para que se ajusten a la forma en que trabaja el sistema de la empresa objeto de estudio. Además, tiene que ser capaz de ayudar al conjunto de la empresa adecuadamente, de manera que pueda crecer y evolucionar al ritmo del negocio.

La personalización es determinante en el ámbito de la funcionalidad, por ello cabe preguntarse si el sistema elegido es capaz de hacer lo que se necesita de él nada más instalarlo o bien resulta necesario que el proveedor (o los consultores) lo personalicen para ser tan funcional como la empresa necesita. En el caso de necesitar una modificación en el código fuente del sistema para que se adapte a sus necesidades, se estaría ante una mayor inversión de dinero, tiempo y servicios de asistencia. Y además, la personalización puede repercutir en la capacidad del sistema cuando necesite ser actualizado en futuras ocasiones.

Facilidad de uso: El sistema ERP seleccionado podría ser el más potente del mundo, pero si los usuarios no son capaces de entender cómo funciona o cómo hacer su trabajo, no sirve para nada. El ERP que se instale necesitará adecuarse a la forma en que la empresa lleva los negocios, de manera que disponga de la información de todos los sistemas con los que opera el negocio y la ponga al alcance de los usuarios. La información debe estar presentada de forma que tenga sentido para el usuario, sin obligar a saltar entre ventanas continuamente, iniciar sesión como usuario en diferentes sistemas o a perder tiempo rebuscando lo que realmente se necesita. Es decir, un software visual y práctico.

Adecuación al negocio: El software de gestión que resulte seleccionado debe adecuarse al negocio de la empresa objeto de estudio, no puede ser de otra manera. La producción discreta, como es el caso, presenta necesidades y procesos diferenciados de los de la fabricación en continuo. El ERP debe ser apoyo para el tipo de fabricación, de forma que si la producción se desarrolla bajo pedido, se necesita un sistema con sólidas funcionalidades de gestión de proyectos, de forma que se pueda gestionar el proceso de contratación sin incidencias hasta la fabricación del producto final, y que además permita controlar los costes en todo momento. También, en el caso de que se hubieran implantado principios de optimización de los procesos de fabricación, se necesitará disponer de un sistema que envíe alertas en tiempo real y con el que poner en marcha otros procesos en términos de puntualidad. Habitualmente los procesos de producción en empresas del sector postcosecha son bajo demanda, por tanto esta última posibilidad sería innecesaria.

Adecuado al sector: Un fabricante farmacéutico no tiene mucho que ver con otro del sector del automóvil. Sus ventas, procesos de producción, cadena de suministro y requisitos contables son diametralmente diferentes, y por ello se necesita un ERP con diferente configuración, en la que se reflejen, encajen y ajusten estas diferencias entre modelos productivos.

Integración: El ERP debe conectarse con otros sistemas y aplicaciones especializadas que necesita para desarrollar correctamente sus procesos de negocio diferenciados. Tanto si dichos sistemas críticos de negocio se alojan dentro de las paredes de su planta de producción o en una ubicación remota, es necesario que no haya problemas con la comunicación para que el flujo de datos no se interrumpa.

Opciones de implantación: La implantación de un ERP ya no tiene porqué implicar la ejecución del software directamente en sus instalaciones. Los nuevos sistemas ERP ofrecen más posibilidades de implantación que nunca antes. Disponiendo de un sólido departamento informático que se pueda hacer cargo de las actualizaciones de versión y la seguridad de datos es preferible decantarse por un modelo en las instalaciones de la empresa, garantizando así la confidencialidad de los datos y la información que se vierten en el programa. En el caso de que se pretendiera recortar los gastos de la implantación inicial del software, de manera que se pudiera poner en marcha y ejecutar el sistema más rápido, podría considerarse adoptar una opción por pedido, o bien alojado en la nube. En dicho modelo, se consigue una licencia de software por parte del proveedor por una tarifa plana por usuario. El proveedor se encarga de la gestión del centro de datos, del hardware, las actualizaciones de versión y toda la asistencia técnica pertinente.

Mientras que la mayor parte de usuarios de sistemas de software ERP no están listos para mover su información más relevante sobre sus procesos de producción y de gestión a la nube, se puede ver cómo aumenta la demanda de 3 tipos de empresas-usuario:

- Empresas muy pequeñas o modelos empresariales en los que, en lugar de invertir en servidores, infraestructura y especialistas informáticos, decide suscribirse al servicio de alguna compañía externa que le proporcione y le gestione el servicio de gestión ERP por una determinada tarifa mensual. El dinero que se ahorran lo pueden dedicar en otros departamentos.
- Empresas de mayor envergadura que buscan implantar soluciones no demasiado costosas y con capacidad de operar en lugares alejados de la sede central de la empresa o con nuevas adquisiciones.
- Casos puntuales de fabricantes que ven en la nube la solución definitiva para alojar sus aplicaciones.

En el caso que ocupa el presente trabajo se valoraron las diferentes alternativas, llegando a la conclusión de que al tratarse de un negocio basado en la calidad y la capacidad de producción de sus productos químicos y la tecnología para aplicarlos, mover la información sobre estas cuestiones a la nube suponía un riesgo elevado, ya que en caso de extravío o de desvelarse de alguna manera los datos y la información que se vierte al sistema, podría poner en peligro el nivel de competitividad de la empresa con respecto a otras empresas del mismo sector. Además, se dispone de un departamento informático de garantías, con capacidad suficiente para gestionar las actualizaciones del software que sean necesarias, y resolver las dudas sobre su uso que requiera cada usuario miembro de la empresa, por lo que la opción mejor adaptada es la de alojar el modelo en las propias instalaciones de la empresa.

VI.1.1- Softwares ERP ofertados

En total se han recibido dos propuestas de software con los que se cubrirían satisfactoriamente los parámetros expuestos anteriormente. En ambos casos se asume un servicio de instalación y mantenimiento realizado desde el departamento informático de la empresa, por lo que éste no supone un factor diferencial entre ambos.

La primera de ellas ha sido de la empresa valenciana AHORA Freeware. Se trata del primer fabricante de software de gestión que apuesta por un modelo Freeware, es decir, un modelo que, desde 1992, se basa en la entrega de toda la tecnología sin coste en licencias de uso, con mantenimiento opcional y sin más costes ocultos. Ahora Freeware ERP es un conjunto de aplicaciones estructuradas entorno a una serie de componentes tecnológicos y funcionales para dar respuesta a los procesos ligados a la gestión comercial y financiera, la gestión de clientes y el control integral de tareas, a los sistemas de gestión documental y control de calidad, al control de la producción, de los almacenes y la logística y a la gestión de sus procedimientos departamentales e inter-departamentales. Permite a los usuarios acceder a la información desde cualquier dispositivo con conexión a internet. El programa ofertado es una combinación de dos de sus productos estándar: AHORA-alquicore y AHORA-quimicore, dos softwares enfocados a los sectores de alquiler de maquinaria y producción de sustancias químicas, respectivamente. De esta manera se puede gestionar tanto la producción y gestión de los equipos electromecánicos del departamento electromecánico de la empresa objeto de estudio, como de los productos químicos postcosecha, que suponen su principal fuente de ingresos.

Por otro lado se ha recibido una oferta de instalación del software de gestión de Microsoft, el Microsoft Dynamics NAV. Desde 1983, Microsoft Dynamics NAV es el software de gestión de referencia para todo tipo de empresas. Proporciona funcionalidad, rendimiento y facilidad de uso, completando con una fácil adaptación a modificaciones de los sistemas productivos y posibilidad de conexión con soluciones de proveedores de software independientes (ISV), otras aplicaciones empresariales y la tecnología de Microsoft® que se utiliza en la empresa. Además, su instalación y mantenimiento estarían garantizados gracias a la red global de partners que tiene Microsoft, con profundo conocimiento local y técnico del sector como de los requisitos verticales específicos. Este software permite a cada usuario acceder a los datos y procesos de la empresa desde cualquier lugar y dispositivo, únicamente disponiendo de conexión a internet. Como elemento diferencial de este ERP, también podemos destacar su agilidad y lo intuitivo de sus interfaces, que lo hacen más fácil de utilizar. Es un ERP adaptado a cada modalidad de producción, tanto sistemas de producción *Flow-Shop* (en serie o continua) como *Job-Shop* (bajo demanda).

A priori, los dos softwares ERP que se ofertan podrían cubrir las necesidades planteadas de la empresa objeto de estudio. Son dos productos bien diseñados y que podrían ofrecer un servicio satisfactorio.

A continuación, se muestra una tabla con un resumen de las diferentes características de cada uno de los softwares:

Características	AHORA Freeware	Microsoft Dynamics NAV
Gestión Financiera	<ul style="list-style-type: none"> • Facturación de contratos de alquiler de maquinaria • Simulación previa a la facturación para evitar errores 	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de manera eficaz de la contabilidad y el inventario. • Simplificación de la gestión del flujo de caja. <ul style="list-style-type: none"> • Controlar activos fijos. • Procesamiento de conciliaciones bancarias. • Posibilidad de trabajo con distintas ubicaciones y empresas.
Gestión de la cadena de suministro	<ul style="list-style-type: none"> • Formulario específico para el control del estado físico de cada equipo alquilado <ul style="list-style-type: none"> • Control de la logística 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste de los procesos del flujo de trabajo. <ul style="list-style-type: none"> • Gestión de inventario. • Mejora de la capacidad de respuesta. • Nuevas oportunidades de mercado.
Fabricación	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de las rutas de producción • Realización de seguimiento de averías e incidencias • Identificación de mermas y generación de altas de productos • Generación de órdenes de obra en función de la demanda. <ul style="list-style-type: none"> • Seguimiento del histórico de ventas/alquileres y gestión de la reposición de stocks mínimos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la eficiencia de las órdenes de producción. • Mejora de la planificación de la oferta. • Respuesta rápida y ágil a las demandas de los clientes. • Planificación y gestión de los requisitos de capacidad de producción.
Elaboración de informes	<ul style="list-style-type: none"> • Control integral de tareas, sistemas de gestión documental y control de calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de presupuestos • Informes personalizados utilizando asistentes paso a paso. <ul style="list-style-type: none"> • Consolidación de los informes. • Búsqueda de tendencias y relaciones.
Gestión de proyectos	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de los procedimientos departamentales e inter-departamentales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de presupuestos de costes y tiempo. <ul style="list-style-type: none"> • Facturación automática. • Seguimiento de los costes y el uso de los recursos. <ul style="list-style-type: none"> • Planificación de la capacidad de producción. • Predicción de disponibilidad.
Acceso a datos y procesos por internet	SÍ	SÍ
Ventas y marketing	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de ofertas de alquiler/venta de los equipos indicando las condiciones de alquiler/venta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de datos de clientes y ventas. • Creación de campañas de marketing. <ul style="list-style-type: none"> • Organización de los recursos de asistencia. • Gestión de contratos de contratos.
Gestión de recursos humanos	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de empleados con disponibilidad de comentarios. • Seguimiento de las bajas. • Dotación a los empleados con herramientas familiares.
Gestión de servicios	<ul style="list-style-type: none"> • Control de la situación de cada equipo, en qué cliente y obra se encuentran, y cuando acaba el alquiler. <ul style="list-style-type: none"> • Gestión y control de los equipos instalados. • Historial de cada equipo (ingresos, gastos, revisiones, reparaciones etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de llamadas y consultas de los clientes. • Previsión y seguimiento de piezas y equipos. <ul style="list-style-type: none"> • Gestión de acuerdos de servicio. • Seguimiento de tickets de asistencia.

Tabla 4 - Características de los dos software ERP ofertados.
Fuente: Elaboración propia

Para completar los datos sobre los softwares de gestión que se ofertan, se muestra una tabla con los precios de cada uno de ellos:

AHORA Freeware	1.100 €
Microsoft Dynamics NAV	1.400 €

Tabla 5 - Precios de instalación de los dos softwares ERP ofertados.
Fuente: Elaboración propia

En base a los datos de las dos tablas anteriores, se puede concluir que las dos alternativas presentan características y prestaciones similares en algunos ámbitos como la fabricación, la gestión de la cadena de suministro o la gestión de los servicios. Sin embargo, el software Microsoft Dynamics NAV presenta ciertas ventajas con respecto a su alternativa en ámbitos como la gestión de proyectos o la de RRHH. Esta ventaja se ve reflejada en el presupuesto, donde AHORA Freeware ofrece mejores condiciones, aunque la diferencia no es demasiado grande.

VI.1.2- Elección del software ERP

En el presente apartado se aborda la toma de decisión sobre qué propuesta resulta más interesante para instalar en el sistema productivo. Para ello se propone el Proceso de Análisis Jerárquico.

El Proceso de Análisis Jerárquico, (AHP), fue ideado por Thomas L. Saaty, a principios de los años 80. Es una manera útil y sencilla para ayudar en los procesos de toma de decisiones complejas, y se puede aplicar en un amplio abanico de problemas de distinta naturaleza.

El proceso comienza modelando el problema de decisión en forma jerárquica, esto es, descomponer el problema de forma visual en tres niveles jerárquicos diferentes. Lo primero es definir cuáles serán los criterios de elección y las alternativas de solución para el problema que se plantea. En el nivel superior está el objetivo general del problema, en el intermedio algunos criterios de decisión y en el nivel inferior las alternativas al problema.

El AHP se fundamenta en:

- Una estructuración del modelo jerárquico o representación del problema mediante la identificación del objetivo, unos criterios de decisión, subcriterios y alternativas.
- Priorización de los elementos del modelo jerárquico.
- Comparaciones binarias entre los criterios de decisión.
- Asignación de “pesos” a los elementos para su evaluación.
- Establecimiento de un orden de alternativas en base a los pesos asignados.
- Síntesis.
- Análisis de Sensibilidad.

En el caso de estudio, el objetivo general será determinar el software que mejor se adapte al proceso de producción de equipos electromecánicos. Los siete criterios utilizados para la elección se basan en los que se han explicado al inicio de este apartado:

1. Funcionalidad
2. Facilidad de uso
3. Coste total de propiedad
4. Facilidad y agilidad en su implementación
5. Capacidad e integración con otras soluciones tecnológicas
6. Rápida amortización de la inversión
7. Reducción de los gastos de software

Finalmente, en el último peldaño de la estructura jerarquizada, que se sitúa en la parte inferior, se indican las propuestas de software de gestión ERP recibidas de los distintos proveedores, es decir, el software AHORA Freeware y el Microsoft Dynamics NAV.

En la Figura 32 se muestra una jerarquía de 3 niveles establecida para el problema de la selección del software de gestión, en la que los números indicados del 1 al 7 en el segundo nivel del diagrama se corresponden con cada uno de los siete criterios de elección, explicados anteriormente.

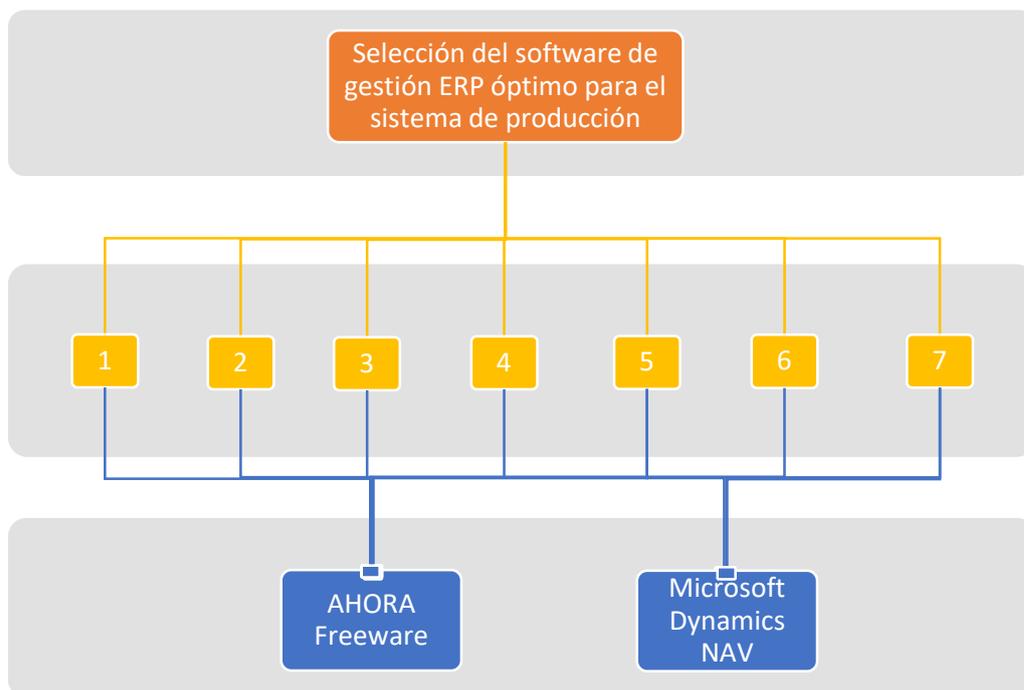


Figura 32 - Niveles jerárquicos del AHP.
Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso del método AHP, al tratarse de un modelo de tres niveles, consiste en priorizar los criterios estableciendo comparaciones entre pares de elementos. De esta manera se da lugar a la denominada “Matriz de comparaciones pareadas” cuyas entradas representan la importancia e influencia de unos criterios frente a otros. Estas valoraciones, se realizan en base a los datos cualitativos y cuantitativos de la Tabla 6.

Para convertir la valoración del decisor a una escala de números, hay que utilizar la siguiente tabla.

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual importancia	Los dos criterios contribuyen igual al objetivo
3	Moderadamente importante	El juicio favorece un poco a un criterio frente al otro
5	Fuertemente importante	El juicio favorece fuertemente a un criterio frente al otro
7	Muy fuertemente preferida	Un criterio es fuertemente favorecido frente al otro
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro	La evidencia favorece en la más alta medida a uno frente al otro

Tabla 6 - Escala de valoración del AHP.
Fuente: Elaboración propia

Este método de decisión multicriterio presenta la ventaja de permitir cuantificar cómo de bien ha emitido el decisor los juicios. Para ello, se calcula un parámetro conocido como Cociente de Consistencia (CC) que tiene un valor igual al Índice de Consistencia (IC) dividido de un Índice Aleatorio (IA) que depende del número de criterios. Los juicios que se hagan tendrán solidez si $CC < 10\%$. A continuación se puede observar la tabla de comparación por pares de los criterios, que proporciona el peso que debe tener en cuenta el decisor para cada criterio, así como los valores del IC, del IA y finalmente del CC.

Matriz de comparación por Pares - Criterios										
	Funcionalidad	Facilidad de uso	Coste total de propiedad	Facilidad y agilidad en su implementación	Capacidad e integración con otras soluciones tecnológicas	Rápida amortización de la inversión	Reducción de los gastos de software	Media geométrica	Raíz N	Media geométrica normalizada
Funcionalidad	1	3	3	3	5	5	7	3,35	3,349	0,357
Facilidad de uso	0,33	1	1	3	5	5	7	2,09	2,091	0,223
Coste total de propiedad	0,33	1	1	1	3	3	5	1,47	1,472	0,157
Facilidad y agilidad en su implementación	0,33	0,33	1	1	1	3	5	1,08	1,076	0,115
Capacidad e integración con otras soluciones tecnológicas	0,20	0,20	0,33	1	1	1	3	0,63	0,631	0,067
Rápida amortización de la inversión	0,20	0,20	0,33	0,33	1	1	1	0,46	0,461	0,049
Reducción de los gastos de software	0,14	0,14	0,20	0,20	0,33	1	1	0,31	0,310	0,033
								SUMA	9,391	

Tabla 7 - Matriz de comparación por pares de los criterios. Fuente: Elaboración propia

Y de dicha matriz se extraen los siguientes valores de IC, IA y CC:

0,057	IC
1,341	IA
0,0424	CC

Tabla 8 - Valores del índice de Consistencia (IC), Índice Aleatorio (IA) y Cociente de Consistencia (CC).
Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que $CC = 4,24\%$ y es $< 10\%$, lo que avala la solidez de los juicios realizados para el AHP.

La tercera etapa del AHP consiste en realizar un análisis de alternativas con el objetivo de valorar relativamente los criterios. Es decir, se sintetiza el aporte relativo de cada alternativa a cada uno de los criterios para alcanzar el objetivo final.

Para normalizar las matrices, se calcula la media geométrica para cada una de las alternativas, y con ellas se realiza la ponderación de sus valores y el cálculo de su autovector normalizado. A continuación se exponen los datos de este análisis de cada alternativa en base a los siete criterios definidos.

Matriz de comparación por Pares - ALTERNATIVAS					
Criterio: Funcionalidad	AHORA Freeware	Microsoft Dynamics NAV	Media geométrica	Raíz cuadrada	Media geométrica normalizada
AHORA Freeware	1	0,2	0,447	0,1	0,167
Microsoft Dynamics NAV	5	1	2,236	2,5	0,833
			SUMA	2,7	
Criterio: Facilidad de uso	AHORA Freeware	Microsoft Dynamics NAV	Media geométrica	Raíz cuadrada	Media geométrica normalizada
AHORA Freeware	1	0,33	0,577	0,167	0,3
Microsoft Dynamics NAV	3	1	1,732	1,5	0,8
			SUMA	2,3	
Criterio: Coste total de propiedad	AHORA Freeware	Microsoft Dynamics NAV	Media geométrica	Raíz cuadrada	Media geométrica normalizada
AHORA Freeware	1	5	2,236	2,5	0,83
Microsoft Dynamics NAV	0,2	1	0,447	0,1	0,17
			SUMA	2,7	
Criterio: Facilidad y agilidad en su implementación	AHORA Freeware	Microsoft Dynamics NAV	Media geométrica	Raíz cuadrada	Media geométrica normalizada
AHORA Freeware	1	1	1	0,5	0,5
Microsoft Dynamics NAV	1	1	1	0,5	0,5
			SUMA	2,0	
Criterio: Capacidad e integración con otras soluciones tecnológicas	AHORA Freeware	Microsoft Dynamics NAV	Media geométrica	Raíz cuadrada	Media geométrica normalizada
AHORA Freeware	1	0,33	1	0,17	0,25
Microsoft Dynamics NAV	3	1	2	1,5	0,75
			SUMA	2,3	
Criterio: Rápida amortización de la inversión	AHORA Freeware	Microsoft Dynamics NAV	Media geométrica	Raíz cuadrada	Media geométrica normalizada
AHORA Freeware	1	5	2	2,50	0,83
Microsoft Dynamics NAV	0,2	1	0,45	0,1	0,17
			SUMA	2,7	
Criterio: Reducción de los gastos de software	AHORA Freeware	Microsoft Dynamics NAV	Media geométrica	Raíz cuadrada	Media geométrica normalizada
AHORA Freeware	1	0,2	0	0,10	0,17
Microsoft Dynamics NAV	5	1	2,24	2,5	0,83
			SUMA	2,7	

Tabla 9 - Matrices de comparación por pares de las alternativas. Fuente: Elaboración propia

Una vez calculados los pesos de los criterios de selección, y los pesos de cada alternativa en base a los mismos criterios, se procede a formular la matriz de prioridades:

TABLA DE PRIORIDADES							
Criterios	Funcionalidad	Facilidad de uso	Coste total de propiedad	Facilidad y agilidad en su implementación	Capacidad e integración con otras soluciones tecnológicas	Rápida amortización de la inversión	Reducción de los gastos de software
PESOS	0,357	0,223	0,157	0,115	0,067	0,049	0,033
AHORA Freeware	0,1667	0,3	0,833	0,5	0,3	0,833	0,167
Microsoft Dynamics NAV	0,8333	0,8	0,167	0,5	0,8	0,167	0,833

Tabla 10 - Matriz de prioridades. Fuente: Elaboración propia

Y de ella, realizando la suma-producto por columnas y filas, se extraen los pesos combinados para cada una de las alternativas.

Los resultados obtenidos tras la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico son los siguientes:

VALORACIÓN FINAL	
AHORA Freeware	0,4
Microsoft Dynamics NAV	0,6

Tabla 11 - Resultado del AHP. Fuente: Elaboración propia

Tal y como ha quedado indicado con el resultado de éste método, la mejor opción como software de gestión ERP es el software Microsoft Dynamics NAV, con una prioridad del 60% frente al 40% de la alternativa del software AHORA Freeware. Será, por tanto, Microsoft Dynamics NAV la opción para la que se solicitará el presupuesto y se evaluará desde el punto de vista económico en el siguiente capítulo.

No obstante, la instalación del software no será suficiente para completar el proceso de optimización que se ha estudiado. Como se ha explicado con anterioridad, los problemas de rotura de stock o desajustes de inventario se deben, en la mayoría de ocasiones, al error humano. Por tanto, se considera que hay que incidir en facilitar el trabajo a cada técnico con el objetivo de que puedan cometer menos errores en relación a la problemática explicada en los capítulos anteriores.

Para ello, en el apartado siguiente se aborda la descripción de un accesorio complementario al software ERP dentro del proceso de control y gestión de la producción de equipos electromecánicos, y se presenta como una alternativa más de optimización del sistema productivo.

VI.2- Descripción de sistema de gestión de almacén mediante dispositivos móviles PDA

VI.2.1- Introducción

En este apartado se describen las especificaciones técnicas y de uso de un sistema informático para la gestión de stocks y la automatización de la recepción y preparación de pedidos mediante dispositivos móviles PDA que incorporen lector de códigos de barras y conexión WiFi, así como las especificaciones técnicas de los dispositivos móviles PDA.

Este programa es un módulo accesorio que complementará al sistema de gestión ERP de la empresa seleccionado en el apartado anterior, con el que se intercambiará datos. Cada técnico del servicio postventa, así como el técnico responsable de la gestión del almacén se equiparán con un dispositivo móvil donde dispondrá de la información necesaria para la gestión de la información propia de su actividad.

Los objetivos esperados en la implantación de un sistema de este tipo son:

- Control de la trazabilidad. Permitirá establecer el control de lotes de una forma ágil y eficaz.
- Agilización de la preparación. Reducción de desplazamientos para un intercambio de albaranes, facilitar la captura de datos (lectura láser).
- Reducción de errores. Eliminar confusiones al entrar nuevos ítems/números de serie o lotes con los lectores de códigos de barras.
- Ahorro de trabajo. Evitando las anotaciones en papel de las preparaciones para posteriormente introducirlo al sistema ERP.

VI.2.2- Especificaciones

A diferencia del software ERP, para la elección de los dispositivos móviles PDA y los softwares que llevan instalados no hace falta una evaluación comparativa entre varios modelos, ya que el modelo que copa casi todo el mercado y mejor se puede adaptar al sistema productivo de la empresa es el NAUTIZ X4 . Por tanto, queda únicamente exponer sus especificaciones técnicas y funciones.

El sistema software de los dispositivos móviles PDA se basa en el software de gestión de almacén *LogisGest SGA*, en el cuál se realizarán las personalizaciones y parametrizaciones específicas para adaptarse al proceso de trabajo y producto de la empresa.

Para que dicho sistema funcione y resulte ágil, se deberán identificar mediante código de barras las ubicaciones y los artículos. Esto comporta que todas las unidades deberán ir identificadas mediante etiqueta con el código de barras correspondiente.

VI.2.2.1- Plantilla de códigos de barras

Dada la variedad de formatos de códigos de barras disponibles, será necesario definir las distintas plantillas de formatos de códigos de barras reconocidas por el sistema.

Por ejemplo, para los productos con código EAN128, se podrían definir las plantillas que se muestran en la Tabla 12:

Nº DE PLANTILLA	PLANTILLAS PARA CÓDIGO EAN128							
1	01	xxxxxxxxxxxxxxxx	17	xxxxxx	3103	xxxxxx	10	xxxxxx
2	02	xxxxxxxxxxxxxxxx	3103	xxxxxx	17	xxxxxx	10	xxxxxx
3	02	xxxxxxxxxxxxxxxx	10	xxxxxx	17	xxxxxx	3103	xxxxxx

Tabla 12 - Plantillas para códigos de barras EAN128. Fuente: Elaboración propia

Con lo cual, si se realizara una lectura del siguiente código de barras:

011043602947056917100619310300900010L100991

El sistema comparará el código leído con los distintos formatos disponibles, buscando los dígitos de control que concuerden, para obtener finalmente la información correspondiente al producto (código EAN, nº de lote, fecha de caducidad...)

EJEMPLO PARA CÓDIGO EAN13							
	Código EAN13		F.Cad: 19/06/18		Peso: 4,95 Kg.		Lote: L100991
01	xxxxxxxxxxxxxxxx	17	xxxxxx	3103	xxxxxx	10	xxxxxx
01	0436029470569	17	180619	3103	004950	10	L100991

Tabla 13 - Ejemplo de código EAN128. Fuente: Elaboración propia

El sistema también permitirá leer un código de barras EAN13 tal y como muestra el ejemplo de la Tabla 13, y posteriormente entrar el nº de lote o fecha de caducidad a través del teclado numérico del terminal.

Finalmente, si el código de barras leído no es reconocible por el sistema, se visualizará un mensaje informativo indicando que el formato no es compatible. En este momento, será necesario crear el formato correspondiente con el código de barras irreconocible.

VI.2.3- Funcionalidades

El personal de preparación se equiparán con dispositivos Windows Mobile, con lector láser y WiFi integrados. La utilización de equipos WiFi permite trabajar con conexión en tiempo real a la base de datos central. De esta manera se evitan desplazamientos para el intercambio de datos, la transferencia se realiza con mayor rapidez y se pueden realizar comprobaciones instantáneas de información.

Para poder trabajar con este sistema se deberá dar cobertura inalámbrica mediante puntos de acceso conectados a la red de datos a la zona de trabajo.

A continuación se exponen los apartados y funcionalidades principales del software de los dispositivos móviles PDA.

VI.2.3.1- Menú principal

El programa principal del programa se divide en los siguientes apartados:

- 1) **Recepción:** entradas de stock en el almacén, ya sean pedidos de compra de los proveedores, devoluciones de pedidos de venta de los clientes o traslados de stock entre los almacenes.
- 2) **Ubicación:** asignar una ubicación a los productos o equipos que se encuentren en la zona de recepción.
- 3) **Reubicación:** cambiar la ubicación dentro del almacén.
- 4) **Inventario:** recuento del stock, pudiendo ser programado o regular.
- 5) **Reposición:** reponer las ubicaciones donde falta stock.
- 6) **Preparación:** salidas de stock del almacén, ya sean pedidos de alquiler de los clientes o traslados de stock entre los almacenes, generar las notas de entrega y las listas de embalaje.
- 7) **Expedición:** confirmar la recogida de los envíos.
- 8) **Consultas:** consultar información, como por ejemplo las distintas ubicaciones de un mismo ítem.
- 9) **Configuración:** configurar el dispositivo.

En la Figura 33 se muestra una captura de pantalla de dicho menú principal:



Figura 332 - Menú principal del software *Logisgest SGA*.
Fuente: TEKKTIA MOBILE

VI.2.3.2- Recepción de compras

Al acceder a la opción de Recepción Compras se visualizará una lista como la de la Figura 34 con los proveedores con pedidos pendientes de recibir. Se seleccionará un proveedor de esta lista, y a continuación se mostrará un listado con los pedidos pendientes de recibir del proveedor seleccionado. Se entrará el número de la nota de entrega del proveedor y se marcarán los pedidos que se recepcionen en esa nota de entrega.



Figura 34 - Pantalla de Recepción de compras del software *Logisgest SGA*.
Fuente: TEKKTIA MOBILE

Seguidamente, se visualizará una lista con todos los ítems a recibir. La información que se mostrará será el código del artículo, las unidades pedidas y las unidades recibidas, la descripción del artículo y el nº de pedido.

Las líneas sin ninguna cantidad recibida se pintarán de color rojo, las recibidas parcialmente de color amarillo y las recibidas en su totalidad de color verde. Se irán leyendo los códigos de barras de los artículos, saltando automáticamente a la pantalla con toda la información del artículo leído.

En la Figura 35 se muestra una captura de pantalla con los pasos del proceso.



Figura 35 - Segunda pantalla de Recepción de compras del software Logisgest SGA.
Fuente: TEKKTIA MOBILE

Si el ítem está en más de un pedido, por defecto seleccionará el primero que tenga unidades pendientes de recibir. También habrá la posibilidad de seleccionar una línea manualmente, por si se quiere consultar, modificar o entrar una incidencia. Si el artículo no está en ningún pedido, se avisará al usuario y se le preguntará si desea añadirlo al albarán. Será necesario que el artículo esté registrado y exista en el ERP.

Una vez finalizada la recepción del albarán, se procederá a crear este albarán en el ERP, actualizando los pedidos del proveedor recibidos (se tiene que tener en cuenta que un pedido se puede recibir parcialmente) y traspasando los artículos recibidos al albarán de compra.

VI.2.3.3- Recepción de devoluciones

Al entrar en la opción de Recepción Devoluciones se visualizará una lista con las devoluciones de clientes pendientes de recibir. Se seleccionará una devolución de esta lista, y a continuación se mostrará la lista de los artículos de la devolución seleccionada.

Una vez finalizada la recepción de la devolución, se actualizará la devolución en el ERP, actualizando la información de los artículos recibidos.

VI.2.3.4- Recepción de traslados

Al entrar en la opción de Recepción de Traslados se visualizará una lista con los traslados pendientes de recibir en el almacén del usuario. Se seleccionará un traslado de esta lista, y a continuación se mostrará la lista de los artículos del traslado seleccionado.

Una vez finalizada la recepción del traslado, se actualizará el traslado del ERP, actualizando la información de los artículos recibidos.

VI.2.3.5- Ubicación

Al entrar en la opción de Ubicación se visualizará una lista con los artículos pendientes de ubicar, según se puede observar en la Figura 36. La lista contendrá los campos código de artículo, descripción y unidades pendientes de ubicar.



Figura 36 - Pantalla de Ubicación de Stock del software Logisgest SGA.
Fuente: TEKKTIA MOBILE

Se leerá el código de barras del artículo correspondiente, verificándose que el artículo esté pendiente de ubicar. Si es correcto, se visualizará automáticamente los datos de dicho artículo. Se tendrán visibles las ubicaciones donde hay ubicado el artículo, indicando las unidades, así como una lista con las ubicaciones sin stock de la zona del artículo, ordenadas según el orden definido en el mantenimiento de las ubicaciones. Se leerá el código de barras de la ubicación, siendo necesaria la comprobación de que la ubicación exista y que la ubicación esté en la zona asignada en el artículo.

Se introducirán las unidades que se están ubicando, comprobándose que el nº de unidades entradas no sea superior al nº de unidades pendientes de ubicar.

Finalmente, pulsando el botón "Enter" del dispositivo se actualizará la ubicación del artículo.

VI.2.3.6- Reubicación/Cambio ubicación

Al entrar en la opción de Reubicación se visualizará una lista con los artículos pendientes de reubicar. La lista contendrá los campos-código de artículo, descripción, zona origen y zona destino. Se dispondrá de la opción de realizar un cambio de ubicación de un artículo sin necesidad de que esté pendiente de reubicar (cambio de ubicación).

Al realizar una reubicación, primero se seleccionará el artículo de la lista, y seguidamente se visualizará una lista con las ubicaciones de donde se tienen que sacar los artículos ordenados según el orden definido en el mantenimiento de las ubicaciones (ubicaciones de la zona origen).

Se leerá el código de barras del artículo, comprobándose (si se está reubicando), que se corresponda con el artículo seleccionado de la lista. Se leerá el código de barras de la ubicación origen, siendo necesaria la comprobación de que la ubicación exista.

Después se seguirá la secuencia que se observa en la Figura 37. Se introducirán las unidades que se están reubicando, verificando que sean las mismas que las que en teoría se disponen en la ubicación. Si las unidades teóricas del artículo de la ubicación son diferentes de las reales, se podrá generar una orden de recuento del artículo seleccionado.

Finalmente, pulsando el botón "Enter" se realiza un movimiento de salida de la ubicación origen y un movimiento de entrada a la ubicación de tránsito del usuario.



Figura 37 - Pantalla de Reubicación de stock del software Logisgest SGA.
Fuente: TEKKTIA MOBILE

Una vez finalizada la operación de sacar el artículo de las ubicaciones origen (zona obsoleta), pulsando el botón “Siguiente” se visualiza una lista con las ubicaciones a donde se tienen que dejar los artículos ordenados según el orden definido en el mantenimiento de las ubicaciones (ubicaciones del destino que contengan el artículo seleccionado o ubicaciones libres).

Se leerá el código de barras del artículo, comprobándose que se corresponda con el artículo seleccionado. Se leerá el código de barras de la ubicación destino, siendo necesaria la comprobación de que la ubicación exista y la ubicación esté en la zona asignada en el artículo.

Se introducirán las unidades que se están ubicando, y pulsando el botón “Enter” se realizará un movimiento de salida de la ubicación de tránsito del usuario y un movimiento de entrada a la ubicación destino.

Finalmente, se vuelve a la pantalla inicial con la lista de los artículos pendientes de ubicar, en la cual ya no aparecerá el artículo que se acaba de reubicar (siempre y cuando se haya reubicado todo).

VI.2.3.7- Inventario (programado o regular)

Al acceder en la opción de Inventario Programado, se visualizará una lista con los artículos pendientes de recontar. La lista contendrá los campos-código de artículo, y su descripción.

Primero se seleccionará el artículo de la lista, y seguidamente se visualizará una lista con las ubicaciones donde está o ha estado el artículo (ubicaciones actuales e históricas). Se leerá el código de barras del artículo, comprobándose que se corresponda con el artículo seleccionado de la lista. Se leerá el código de barras de la ubicación, siendo necesaria la comprobación de que la ubicación exista.

Se introducirán las unidades contadas (0 si no hay stock de ese componente) y pulsando el botón “Enter” se actualizará el stock del artículo de la ubicación. En la Figura 38 se expone la secuencia explicada.



Figura 38 - Pantalla de Inventario del software Logisgest SGA.

Fuente: TEKKTIA MOBILE

También estará disponible la opción de realizar un Inventario Regular de una ubicación sin necesidad de que esté pendiente de recontar. Se lee el código de barras de la ubicación, siendo necesaria la comprobación de que la ubicación exista. Después se visualizarán todos los artículos disponibles en la ubicación, indicando las unidades.

Para ello, se leerá el código de barras del artículo, se introducirán las unidades contadas (0 si no hay stock) y pulsando el botón “Enter” se actualizará el stock del artículo de la ubicación.

VI.2.3.8- Reposición

Al acceder a la opción de Reposición, primero se creará la lista con los artículos a reponer. Esta lista se creará por cada usuario y en el caso de que la PDA se desconecte o se decida continuar otro día, siempre estará disponible por el usuario que la ha creado (no se perderán las listas creadas). Se leerá el código de barras de la ubicación y del artículo a reponer, y se introducirán las unidades a reponer.

Una vez finalizada la lista de reposición, pulsando el botón “Siguiente” se visualizará una lista con los artículos introducidos anteriormente con sus respectivas ubicaciones con stock del almacén, ordenadas según su posición dentro de este.

Por cada artículo se propondrá una única ubicación (según el orden definido en el mantenimiento de las ubicaciones), con la posibilidad de crear una Orden de Recuento ante cualquier incidencia.

Seguidamente, se procederá a realizar el reabastecimiento. Se leerá el código de barras del artículo, comprobándose que se corresponda con algún artículo de la lista de reposición. En caso contrario, se mostrará un aviso al usuario, con la posibilidad de añadirlo a la lista de reposición.

Se leerá el código de barras de la ubicación, siendo necesaria la comprobación de que la ubicación exista. Se introducirán las unidades que se quieran reabastecer, realizándose un movimiento de salida de la ubicación del artículo y un movimiento de entrada a la ubicación de tránsito del usuario.

Una vez finalizado el reabastecimiento, se pulsará el botón “Siguiente”, y se visualizará la lista con los artículos a reponer, actualizada en el reabastecimiento, ya que podrían reponer unidades y artículos distintos a los introducidos inicialmente en la lista de reposición.

Se leerá el código de barras del artículo, comprobándose que se corresponda con algún artículo de la lista de reposición. En caso contrario se mostrará un aviso al usuario, sin posibilidad de actualizar el stock de dicho artículo.

Se leerá el código de barras de la ubicación, siendo necesaria la comprobación de que la ubicación exista y se corresponda con la ubicación asignada al artículo (durante la creación de la lista de reposición).

Se introducirán las unidades que estamos reponiendo, y pulsando el botón “Enter” se realizará un movimiento de salida de la ubicación de tránsito del usuario y un movimiento de entrada a la ubicación del artículo.

Finalmente, una vez repuestos todos los artículos, se eliminará la lista de reposición.

VI.2.3.9- Preparación de órdenes de fabricación

Tal y como se muestra en la Figura 39, al entrar en la opción de Preparación de Órdenes se visualizará la lista de órdenes pendientes a preparar que tenga asignadas el usuario o las que no tengan ningún usuario predefinido y correspondan con el área del usuario, en el caso de esta empresa, del taller electromecánico o del servicio postventa. La lista estará ordenada según la fecha de carga y contendrá los siguientes campos: tipo, agencia, fecha de carga y cliente.

Seguidamente, se visualizará una lista con todos los productos a preparar, ordenadas según el orden de las ubicaciones. La información que se mostrará será el código del artículo, la descripción, la ubicación de donde se saca el artículo, las unidades pedidas y las unidades preparadas (también se podrían mostrar las pendientes).



Figura 39 - Pantalla de Preparación de fabricación del software Logisgest SGA
Fuente: TEKKTIA MOBILE

También se dispondrá de una pantalla con el detalle de preparación de una línea, que se mostrará automáticamente al leer el código de barras de un artículo o manualmente al pulsar un botón o por defecto al entrar, como muestra la Figura 40. En esta pantalla estarán visibles los datos de una línea y es donde se introducirá el nº de unidades que se preparan.

Se dispondrá también de una lista con las distintas ubicaciones donde se pueda encontrar el artículo. Será necesario leer el código de barras de la ubicación de donde se sacan las unidades del artículo, controlándose que sea correcto.



Figura 40 - Segunda pantalla de Preparación de fabricación del software Logisgest SGA.
Fuente: TEKKTIA MOBILE

Desde esta pantalla que se muestra en la Figura 40 se podrá generar una Orden de Recuento, si el stock del artículo en una ubicación es distinto del teórico o no existe en la ubicación propuesta o no hay stock suficiente para preparar la línea.

Una vez finalizada la preparación de la orden, se actualizará la orden en el ERP, actualizando la información de los artículos preparados y quedando la orden en un estado de pendiente de generar la nota de entrega.

VI.2.3.10- Generación de albaranes

Al entrar en la opción de Generar Notas de Entrega se visualizará la lista de los clientes con pedidos preparados por el usuario y que estén pendientes de generar la nota de entrega, como aparece en la Figura 41. Se seleccionará un cliente, y a continuación se mostrará la lista de los pedidos preparados del cliente seleccionado.



Figura 41 - Pantalla de Generación de albaranes del software Logisgest SGA.

Fuente: TEKKTIA MOBILE

Se marcarán los pedidos a generar, el albarán, y pulsando el botón de "Aceptar" se generará la nota de entrega en el ERP.

VI.2.3.11- Preparación de traslados

Al entrar en la opción de Preparar Traslados se visualizará una lista con los traslados pendientes de preparar en el almacén del usuario. Se seleccionará un traslado de esta lista, y a continuación se mostrará la lista de los artículos del traslado seleccionado.

Una vez finalizada la preparación del traslado, se actualizará el traslado en el ERP, actualizando la información de los artículos preparados.

VI.2.3.12- Expedición

Al entrar en la opción de Expedición se visualizará una lista con las rutas con notas de entrega pendientes de enviar. Se seleccionará una ruta y a continuación se mostrará la lista de los bultos de la ruta seleccionada.

Una vez leídos los códigos de barras de los bultos a enviar, se actualizará en el ERP los bultos enviados en la expedición.

VI.2.3.13- Consultas

Al acceder a la opción de Consultas, se podrán realizar tres tipos de consultas: consultar las ubicaciones de un artículo, los artículos de una ubicación y los artículos de un bulto.

VI.2.4- Hardware, dispositivo móvil PDA

El dispositivo móvil PDA elegido es el modelo NAUTIZ X4.

Se trata de un dispositivo que combina movilidad con funcionalidad real sobre el terreno; un dispositivo diseñado con la resistencia suficiente como para ser utilizado en los trabajos de campo. Está lleno de funciones, es compacto y portátil.

Dispone de todas las funciones necesarias para realizar el trabajo diario. Tiene pantalla táctil resistiva y de alta luminosidad, que proporciona una amplia y práctica área de trabajo, manteniendo la condición de dispositivo portable. Se trata de una unidad muy robusta, con un peso de 330 gramos. Incorpora un escáner láser de alto rendimiento o un generador de imágenes 2D específico para la lectura de códigos de barras y escáneres rápidos y precisos. Incorpora un receptor GPS u-blox®, líder mundial en tecnología de posicionamiento para el uso sobre el terreno de técnicos profesionales, también incluye funcionalidad de navegación integrada. Está equipado con cámara de 5MP con auto foco y Flash LED. Todas sus opciones de conectividad, incluyendo 3G y Wi-Fi de gran potencia, mantienen el dispositivo conectado en todo momento y en cualquier lugar.

El NAUTIZ X4 está lleno de funciones y opera con sistema operativo Windows Mobile 6.1. Su procesador de 806 MHz de alta velocidad, los 512 MB de RAM y 1 GB de memoria flash permiten al dispositivo desarrollar cualquier tipo de tarea. Además de ser un buen dispositivo para informática sobre el terreno, el NAUTIZ X4 se ha diseñado para poder soportar cualquier uso y factor ambiental como caídas, temperaturas extremas, polvo y agua, fortaleza probada mientras se le ha sometido a las pruebas de resistencia más rigurosas del sector y la industria militar. Cumple con las especificaciones IP65 y con las especificaciones militares MIL-STD-810G. También, el NAUTIZ X4 se puede utilizar en ambientes de intensa lluvia, sol deslumbrante, polvo o niebla. Al acabar de utilizarlo, únicamente hay que limpiarlo y dejarlo en su lugar junto al resto del equipo de cada técnico.

Se trata de una herramienta ideal para la gestión de almacenes, control logístico y trabajos sobre el terreno. Ambientes y sectores para los que está ideado.

Se adjunta la hoja de catálogo del dispositivo con todas sus especificaciones técnicas en el Anexo 1.



Figura 42 - Dispositivo PDA NAUTIZ X4.
Fuente: TEKKTIA MOBILE

Capítulo VII – Evaluación económica de soluciones

Una vez decidido el software de gestión que mejor se adapta a las necesidades de la empresa para optimizar su proceso de producción de equipos electromecánicos, y además haber añadido el accesorio del dispositivo móvil PDA para sacarle mejor rendimiento a sus efectos con respecto al sistema productivo, se va a realizar un análisis económico con la intención de establecer una conclusión sobre la rentabilidad de la instalación y utilización del software ERP, así como de los dispositivos móviles PDA.

Para ello hay que resolver algunas cuestiones de interés en este ámbito: seleccionar al proveedor adecuado, determinar cuál es el capital inicial que se necesita para abordar la instalación del software ERP y activar los dispositivos móviles, si se trata de una inversión rentable o cuál es el tiempo de amortización de dicha inversión, teniendo en cuenta los gastos que el mismo tendrá durante su ciclo de vida.

Habitualmente, las empresas productoras conservan el sistema ERP durante diez o quince años de media, por lo que se necesita que éste crezca al ritmo del negocio. Por su parte, los dispositivos PDA pueden tener una vida útil mucho mayor.

En el presente estudio de viabilidad económica, se tienen en cuenta algunas consideraciones previas. Para este tipo de inversiones, existen desgravaciones fiscales en el impuesto de sociedades que para este estudio, no se han considerado. Tampoco se considerarán los impuestos vinculados a dicha inversión ni las subvenciones públicas.

Previamente a la exposición con detalle del análisis de viabilidad económica, conviene dejar clara la diferencia que existe entre el concepto de inversión y el de coste total de propiedad. Mientras una inversión es un gasto económico efectuado en un momento determinado con el objetivo de acabar obteniendo beneficios a lo largo del tiempo, el coste total de propiedad es la combinación de los esfuerzos para la implementación del software, y de costes económicos como el de integración, mantenimiento y asistencia.

VII.1 – Selección del proveedor

Ahora que se ha determinado por qué se necesita un sistema ERP, cuáles son las necesidades de la empresa en términos de software, y cuál ha sido la estrategia para saber qué sistema es el más conveniente, llega el momento de seleccionar al proveedor que pueda proporcionar la instalación elegida con garantías.

Para ello es importante tener en cuenta aspectos entre los que se incluyen: cómo se llevará a cabo la implementación del sistema y cómo va a ayudar a la empresa objeto de estudio a conseguir el éxito a largo plazo. Comprobar aspectos como la fiabilidad financiera, su estabilidad como empresa y su currículum a la hora de ofrecer un servicio de atención al cliente satisfactorio.

Más allá de estos requisitos generales, se debe tener en cuenta:

- La experiencia vertical: Si la empresa proveedora puede ofrecer referencias de otros clientes que operen en el mismo sector, dentro de la misma división vertical, y si el sistema que ofrece lleva incorporados los procesos y mejoras prácticas específicas para el sector de la empresa objeto de estudio.
- Presencia internacional/local: El proveedor debe tener presencia en el territorio donde tiene lugar la producción, para así poder ofrecer los servicios de asistencia y mantenimiento allí donde se necesita.
- Visión: La empresa proveedora debe disponer de visión tecnológica y debe procurar innovar en aspectos que pueden resultar beneficiosos para el negocio de la empresa.
- Capacidades de I+D: Es deseable también que la empresa proveedora realice inversiones en mejora de su oferta, y que proporcione la hoja de ruta en este ámbito para el producto que ofrece.
- Servicio de atención al cliente: Se debe conocer el historial del proveedor del servicio en relación a su atención al cliente. Consultar encuestas en caso de que las haya o informarse sobre cuántos clientes vuelven a hacer negocio con dicho proveedor.
- Credibilidad: Conviene también consultar a los clientes existentes del proveedor su opinión sobre el mismo. E independientemente de dichas referencias, tener en cuenta “lo que se dice por ahí” de la empresa, como por ejemplo en páginas web con reseñas, redes sociales, etc.

Con todo ello, se ha hecho un repaso de las opciones de empresas proveedoras que se ofrecían en el mercado. Y la decisión final ha sido la de contratar los servicios de la empresa TEKKTIA MOBILE como proveedora de los servicios de software ERP y todos aquellos accesorios al mismo que se requieran de ahora en adelante.

Con más de diez años de experiencia en el sector, TEKKTIA dispone de un equipo suficientemente experimentado en el mundo de las tecnologías de la información y la consultoría. Con el objetivo de poner en manos de todo tipo de empresas los avances de la informática móvil, prestan un servicio eficaz y con presencia allí donde la requiere la empresa objeto de estudio. Además, sus propuestas y ofertas están en permanente actualización, de acuerdo a todas las innovaciones que van apareciendo en el sector.

En definitiva, se trata de una empresa que se adapta adecuadamente a los requerimientos que se han expuesto en este capítulo.

VII.2 – Inversión inicial de la instalación

El objetivo de este apartado es el de determinar qué inversión inicial se necesita para realizar la instalación y puesta en marcha del software ERP de Microsoft Dynamics NAV. También se incluirá la instalación de seis dispositivos móviles PDA, uno para cada técnico del servicio postventa de la empresa, y los precios del mantenimiento de licencias y actualizaciones de software tanto del software ERP como de los seis dispositivos PDA.

En la inversión inicial se pueden identificar dos tipos de costes a tener en cuenta, el primero es el precio de compra inicial. Éste incluye todo el software, hardware, mantenimiento y formación de los técnicos para su uso. El precio real del mismo se calculará en base a la magnitud del proyecto, tamaño de la implementación, cobertura geográfica, etc.

Otro tipo de gasto a tener en cuenta es el que se generará durante el ciclo de vida del software y el coste de propiedad del software, ambos extendidos a lo largo del tiempo de vida del ERP que, como se ha mencionado anteriormente, suele ser de unos diez años.

A partir de los datos proporcionados por el proveedor seleccionado, la inversión inicial determinada es de **CATORCE MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS (14.244€)**. En esta, se incluyen los elementos indicados en el Presupuesto adjunto a esta Memoria, a excepción de los costes de mantenimiento anual, que se cuentan aparte. El proveedor no ha incluido en la oferta los costes correspondientes a la formación de los técnicos para el uso correcto del ERP y los dispositivos PDA. Es probable que el mismo departamento informático de la empresa se pudiera hacer cargo de esta tarea, y en tal caso no sería necesario pagar costes de formación a la empresa proveedora, pero también puede darse el caso de que sí sea necesario pagarlos. Como no se conoce su precio, dichos costes deben estimarse en base a la experiencia de otras empresas del mismo sector que hayan realizado el mismo proceso de formación de técnicos para el uso de esta instalación de software y hardware. Una vez hecha la consulta, en el caso de la empresa objeto de estudio se pueden asumir unos costes de un 2% en concepto de formación de los técnicos. Dicha formación se da en el momento de la incorporación de los dispositivos y los ERP al sistema de producción, y está dirigida a todos los técnicos usuarios de la instalación como a los miembros del departamento informático de la empresa. De esta manera, en caso de que se produzcan cambios en la plantilla de técnicos postventa, en el taller electromecánico o en la del departamento informático a lo largo del tiempo, siempre queda personal dentro de la empresa formada en el uso del software y capacitada para formar a nuevos compañeros que se puedan incorporar a la plantilla. Así, el coste de este servicio se estima en **TRESCIENTOS DIEZ EUROS (310€)**. Añadiendo esta cifra a la oferta inicial, la inversión asciende a un total de **CATORCE MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS (14.554€)**.

El desglose completo de dicho presupuesto, indicando el concepto de cada coste de inversión, por unidad de obra y en conjunto, se indican con detalle en el apartado del Presupuesto adjunto a la Memoria de este trabajo.

Una vez determinada la cantidad de la inversión, se puede comprobar que se trata de una cantidad asumible para el presupuesto anual de la empresa, ya que apenas supone una inversión correspondiente al 5% del presupuesto anual de los últimos años, indicados en la Figura 27, destinado a inventario del departamento electromecánico. Por tanto, no hace falta solicitar un crédito, y la inversión se abonará al contado.

VII.3 – Variables no controlables

Para cualquier proyecto a medio o largo plazo, surgen variables con las que inicialmente no se cuenta que provocan incertidumbre en el estudio y que, en función del valor que tomen, los resultados del análisis puede verse afectados significativamente.

Como se ha indicado anteriormente, el plazo de explotación de cada software ERP suele situarse en torno a los diez años. Se toma, por tanto, este horizonte temporal para realizar el estudio de la influencia de las variables no controlables. Dichas variables, necesarias para la toma de decisiones y que se consideran como no controlables en la realización del presente proyecto son: pérdidas de inventario anuales, porcentaje de reducción de pérdidas de inventario con la nueva instalación, inversión inicial, gastos no incluidos en la oferta y tasa de inflación. Para hacer un estudio amplio teniendo en cuenta la posibilidad de variación del estudio económico en función de la perturbación de estos parámetros, se han planteado tres posibles escenarios: pesimista, neutro y optimista.

Para el escenario pesimista se plantea una variabilidad de los parámetros de incertidumbre que empeora la previsión de los resultados finales del estudio económico. Las variables no controlables han de tener valores con orden de magnitud realista y lógico, sin caer en cantidades caóticas.

Por otra parte, el escenario neutro es el cual se aproxima con mayor probabilidad al que se va a acabar desarrollando el proyecto. Se ha realizado en función de la situación económica actual y algunos datos estadísticos de las variables de incertidumbre.

Por último, para el escenario optimista, se considera que las variables de incertidumbre tienen valores probables y que superan ligeramente las expectativas iniciales.

A continuación se explican las bases de los valores para las variables no controlables considerados en el escenario neutro del estudio económico.

La tasa de inflación es el primer dato que se va a estimar. Para ello se han comprobado los valores de las tasas anuales de los últimos quince años, además de valorar también la tendencia económica actual. El valor de la tasa de inflación se ha estimado en 1,8%. Este valor influirá positivamente en la amortización de la instalación cuanto mayor sea su valor, ya que dota de mayor influencia a la misma en el proceso productivo.

En cuanto al valor de las pérdidas anuales de inventario, puede seguir subiendo si sigue la tendencia que puede apreciarse en la Figura 27, no obstante, resulta improbable que su valor vuelva a superar los más de 11.000€ que registró en el año 2013 de manera continuada.

Por tanto, se estima un valor apropiado para el escenario neutro de 8.500€, que es el valor intermedio que más se aproxima al valor real, y entorno al que se ha facturado los últimos años. Este valor se ve afectado interanualmente, por el valor de la tasa de inflación y el volumen de crecimiento de la empresa.

El valor de ahorro sobre estas pérdidas de inventario no se puede calcular con exactitud para la empresa objeto de estudio, ya que no se tiene ninguna referencia empírica sobre el efecto de la instalación sobre el proceso de producción en el ámbito económico. Se trata, por tanto, de otra variable no controlable. No obstante, desde la empresa proveedora facilitan una estimación de dicho ahorro en base a los resultados obtenidos con otras empresas con modelos productivos de características similares, esto es, con modelo *Job-Shop* de producción, similar presupuesto anual de inventario y cifras también similares en las pérdidas anuales de inventario. Dicha estimación prevé una reducción mínima de un 40% en las pérdidas anuales de inventario para el caso que ocupa el trabajo.

Por otra parte, se ha visto en párrafos anteriores que existen unos gastos no incluidos en la oferta del proveedor, correspondientes a la formación de los técnicos del servicio postventa y del taller electromecánico en el uso correcto de los dispositivos PDA, así como de los miembros del departamento de logística para el uso del software ERP. Dichos costes se han estimado en un 2% sobre la oferta inicial para los escenarios neutro y pesimista, siendo de un 0% para el optimista. Este valor va a ser considerado como otra variable de incertidumbre.

Por último, tal y como se indica en el Presupuesto adjunto de este trabajo, existe un 30% del pago que se realizará un mes después de la instalación y puesta en marcha del software y los dispositivos. Así, se va a considerar una posible fluctuación del 5% en esa parte del presupuesto para el escenario pesimista.

A continuación se muestra una tabla resumen en los que se indican todos los valores de las variables de incertidumbre planteadas para cada escenario.

Variables	Escenario		
	Optimista	Neutro	Pesimista
Inversión inicial (€)	14.244	14.554	14.772
Pérdidas de inventario anuales (€)	11.000	8.500	6.500
Tasa de inflación (%)	2,5	1,8	1
Reducción de pérdidas de inventario (%)	50	40	40
Gastos no incluidos (%)	0	2	2

Tabla 14 - Valor de las variables no controlables para cada escenario. Fuente: Elaboración propia

VII.4 – Costes de operación

Los costes de operación son aquellos que se asocian al uso diario tanto del software ERP como de los dispositivos PDA en la rutina diaria de trabajo. Para este tipo de software únicamente existe un tipo de coste: los costes de mantenimiento de licencia.

Para determinar el valor de los gastos anuales que suponen el mantenimiento de los softwares, tanto el ERP como el instalado en cada uno de los dispositivos PDA, basta consultar el Presupuesto adjunto en este trabajo, donde quedan indicados los precios de mantenimiento del software ERP y de los dispositivos PDA.

Estos costes ascienden a 900€ para el mantenimiento del ERP y 300€ para el conjunto de dispositivos PDA, sumando un total de 1.200€ anuales de mantenimiento de licencias para la instalación completa.

En dichos costes se incluyen también el servicio de soporte técnico telefónico, las conexiones remotas y las actualizaciones de software que sean necesarias a lo largo del tiempo de uso.

Tras consultar la información que proporciona el proveedor de estos servicios, y la experiencia de otros usuarios del mismo software, se puede concluir que una estimación aproximada de costes anuales de licencia se sitúa en el 7% de la inversión inicial.

Una cifra que, como se ha explicado antes, podrá variar anualmente en relación al aumento del Índice de Precios de Consumo.

VII.5 – Simulación de la inversión y escenarios

El proceso de simulación se utiliza con el objetivo de relacionar unas variables del modelo con otras, y así poder predecir los flujos de caja que se van a producir. Para este apartado, se muestran los datos obtenidos con el cálculo del proceso de simulación mediante el programa Excel.

Para ello, se han elaborado tres hojas diferentes de cálculo que permiten proyectar los datos económicos futuros bajo diferentes hipótesis de mercado. Estas tres hojas son correspondientes a cada uno de los escenarios descritos anteriormente. Para simplificar los cálculos, se han planteado los tres escenarios asumiendo la instalación global propuesta, es decir, la instalación conjunta del software ERP y de los seis dispositivos PDA.

En el caso que se aborda en el presente trabajo, no se generan ingresos directos, ya que su cometido es el de reducir los tiempos y costes de la producción de equipos electromecánicos. Por ello, se considerará como ingreso el ahorro resultante de restar un alto porcentaje de las pérdidas anuales de inventario actuales a la inversión inicial de la instalación y los gastos anuales de mantenimiento de licencia del software ERP.

Antes de abordar la simulación de los tres escenarios, conviene hacer algunas valoraciones previas. Como se ha explicado en apartados anteriores, los diferentes escenarios se van a caracterizar por la mayor o menor influencia que ejerza la nueva instalación en el flujo de caja.

VII.5.2 – Escenario neutro

En esta simulación se han tenido en cuenta los parámetros indicados en la tercera columna de la Tabla 12. Los resultados obtenidos para el tiempo de amortización de la instalación establecido son los siguientes:

	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	€/año	€/año	€/año	€/año	€/año	€/año	€/año	€/año	€/año	€/año	€/año
Gastos actuales											
Pérdidas de inventario		8.500 €	8.653 €	8.809 €	8.967 €	9.129 €	9.293 €	9.460 €	9.631 €	9.804 €	9.980,42 €
TOTAL DE GASTOS		8.500 €	8.653 €	8.808,8 €	8.967,31 €	9.128,72 €	9.293,04 €	9.460,31 €	9.630,60 €	9.803,95 €	9.980,42 €
Gastos previstos con la nueva instalación											
Total Inversión software ERP	1.400 €										
Total Inversión dispositivos PDA	11.094 €										
Servicios de integración	1.750 €										
Gastos no incluidos en la oferta	310 €										
Pérdidas de inventario		5.100 €	5.192 €	5.285 €	5.380 €	5.477 €	5.576 €	5.676 €	5.778 €	5.882 €	5.988,25 €
Mantenimiento anual de licencia		1.200 €	1.200 €	1.200 €	1.200 €	1.200 €	1.200 €	1.200 €	1.200 €	1.200 €	1.200 €
TOTAL DE GASTOS	14.554 €	6.300 €	6.392 €	6.485,25 €	6.580,39 €	6.677,23 €	6.775,82 €	6.876,19 €	6.978,36 €	7.082,37 €	7.188,25 €
Ahorro anual		2.200 €	2.261 €	2.323,5 €	2.386,9 €	2.451,5 €	2.517,2 €	2.584,1 €	2.652,2 €	2.721,6 €	2.792,2 €
Inversión inicial	-14.554 €										
Año											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FLUJOS NETOS DE CAJA	-14.554 €	2.200 €	2.261 €	2.323,5 €	2.386,9 €	2.451,5 €	2.517,2 €	2.584,1 €	2.652,2 €	2.721,6 €	4.815,3 €
Tasa de descuento	5%										
FLUJOS NETOS DE CAJA ACTUALIZADOS	-14.554 €	2.090 €	2.148 €	2.207 €	2.268 €	2.329 €	2.391 €	2.455 €	2.520 €	2.586 €	4.575 €
AHORRO ACUMULADO	-14.554 €	-12.464 €	-10.316 €	-8.109 €	-5.841 €	-3.512 €	-1.121 €	1.334 €	3.854 €	6.439 €	11.014 €

Tabla 15 - Resultado de la simulación del escenario neutro. Fuente: Elaboración propia

Para la simulación del escenario neutro, el periodo de amortización de la inversión sube un poco respecto al escenario optimista, llegando hasta los siete años.

VII.5.3 – Escenario pesimista

Para este punto, los valores de la simulación reflejan valores menos atractivos que en los dos puntos anteriores. Esto es debido a la menor influencia de la instalación en el proceso productivo, entre otros factores. Los datos económicos obtenidos son los siguientes:

La fórmula que se utiliza para calcularlo es la siguiente:

$VAN = -I_{inv} + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$	<p>Donde:</p> <p>F_j = Flujo Neto en el Período j</p> <p>I_{inv} = Inversión en el año "o"</p> <p>i = Tasa de Descuento</p> <p>n = Horizonte de Evaluación</p>
---	--

Ecuación 1 - Fórmula para calcular el VAN

La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), es el cálculo que representa el promedio anual de los rendimientos generados por la inversión. También puede interpretarse como la tasa de descuento que hace el VAN igual a cero. Este parámetro permite la posibilidad de comparar la rentabilidad del proyecto con la rentabilidad ofrecida por productos financieros de riesgo semejante. El proyecto se considera rentable en el caso de que el VAN sea positivo y la TIR sea mayor que la tasa de descuento establecida.

$0 = -I_{inv} + \frac{F_1}{(1+TIR)^1} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n}$
<p>Donde:</p> <p>F_j = Flujo Neto en el Período j</p> <p>I_{inv} = Inversión en el año "o"</p> <p>TIR = Tasa Interna de Retorno (TIR)</p> <p>n = Horizonte de Evaluación</p>

Ecuación 2 - Fórmula para calcular la TIR

Para el proyecto que se valora, el VAN y la TIR obtenidos para cada uno de los escenarios planteados es:

	Escenario		
	Optimista	Neutro	Pesimista
VAN (€)	21.708,30 €	1.637,16 €	-3.918,91 €
TIR (%)	28,74%	9,51%	-1,12%

Tabla 17 - Valor del VAN y la TIR. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el VAN adopta valores positivos para los escenarios optimista y neutro, y negativo para el escenario pesimista.

De manera similar, la TIR tiene valores superiores a la tasa de descuento considerada en los escenarios neutro y optimista, pero ha resultado un valor inferior para el escenario pesimista.

Además de los dos criterios dinámicos de valoración, se ha utilizado también el periodo de retorno (PR) como otro parámetro útil más para valorar la viabilidad de la inversión. Dicho parámetro indica el tiempo que tarda en amortizarse la inversión inicial realizada. En la Figura 43, se puede observar la gráfica de la evolución del flujo efectivo acumulado a lo largo de los años de amortización.



Figura 43 - Periodo de retorno de la inversión. Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos, teniendo en cuenta la gran diferencia del escenario positivo y la tendencia de crecimiento positivo actual de la empresa, son suficientes para concluir que el proyecto es económicamente viable.

Capítulo VIII - Conclusiones

Conclusión general

Este apartado está dedicado a la realización de una síntesis de los resultados obtenidos en el presente trabajo para garantizar que las ideas principales que se pueden extraer del mismo han quedado claras y que los objetivos planteados inicialmente se han podido alcanzar.

La revolución tecnológica que se está viviendo en el mundo de las comunicaciones está cambiando la forma de actuar de las relaciones comerciales y el mundo empresarial. Durante los últimos años, la incorporación de nuevos sistemas de Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) a los procesos de producción industrial ha sido exponencial, siempre con el objetivo de conseguir aumentos de la productividad, reducción de costes y mejoras en el desempeño cotidiano del trabajo. Actualmente, las empresas industriales y de servicios operan en un contexto global, de competitividad cada vez más dura, y caracterizado por la presencia de continuos cambios. Para cualquier empresa industrial productora, los desafíos más importantes a los que se enfrentan son:

1. La reducción del ciclo de vida de sus productos (ya sean bienes o servicios),
2. La existencia de productos específicos adaptados a las necesidades de los clientes
3. Exigencia más elevada en materia de calidad de producto
4. Servicio al cliente cada vez con mejor atención
5. Necesidad de coordinar y administrar procesos entre distintas organizaciones (ubicadas a distancia) o entre estructuras organizacionales de una misma empresa.

Este análisis de desafíos sugiere con claridad la necesidad de incorporar a la industria herramientas del grupo de las Tecnologías de la Información. Sin embargo, como se ha visto en el presente trabajo, la incorporación de dichas herramientas a los complejos procesos productivos y de negocios actuales no resulta tarea fácil.

Hasta hace poco, las aplicaciones estándar ERP estaban diseñadas exclusivamente para grandes empresas y multinacionales, las cuales debían valorar muy detenidamente si su complejidad interna encontraría o no una mejora razonable con la incorporación –y la inversión- de un ERP. Hoy en día las cosas han cambiado, y cualquier PYME con cierto volumen de negocio puede implantar un ERP, ya que el mercado ya ofrece softwares de este tipo adaptado a cada modelo de negocio.

Como cualquier otra tecnología, las TIC están en continua evolución, por ello es conveniente renovar los programas informáticos y los Sistemas de Gestión, las infraestructuras y redes de comunicación, etc., en definitiva, adaptarse al cambio.

Del estudio de viabilidad técnico, se puede extraer que la oferta de este tipo de software es cada vez mayor, y que la mayoría de ellos puede cubrir las necesidades habituales de cualquier proceso productivo como el que se ha explicado en el presente trabajo.

Tras la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico, el software de gestión ERP Microsoft Dynamics NAV, con una preferencia del 60% respecto a su alternativa, supone la mejor alternativa técnicamente viable permitiendo optimizar el proceso productivo de equipos electromecánicos.

Para determinar la viabilidad económica de la instalación conjunta, incluyendo los dispositivos móviles PDA, se han proyectado tres escenarios diferentes, los cuales muestran las distintas situaciones representativas en las que se podrían encontrar los parámetros de las variables no controlables a lo largo del periodo de amortización de la instalación. Después, se han aplicado los métodos de valoración de inversiones VAN y TIR, con el objetivo de determinar o no la viabilidad de la inversión y, por tanto, la del proyecto. Aunque para el escenario pesimista, el valor del VAN ha resultado de -3.918,91€ y el de la TIR de -1,12%, sin posibilidad de recuperar la inversión en el horizonte temporal estipulado, por su parte, los otros dos escenarios sí han aportado valores de VAN superiores a 0, y de TIR superiores al 5% estipulado por la tasa de descuento.

Asumiendo que el efecto de la nueva instalación mejora su rendimiento de manera directamente proporcional al crecimiento del volumen de producción de equipos electromecánicos de la empresa, resulta muy improbable que llegue a darse un escenario tan desfavorable como el escenario pesimista que se ha planteado en el Capítulo VII, por lo que se puede concluir que queda demostrada la rentabilidad económica de la inversión correspondiente a la instalación proyectada.

Tras analizar las múltiples ventajas que ofrecen estos nuevos sistemas TIC y con los datos favorables del estudio de viabilidad técnico-económica realizado, se recomienda a la empresa la continuidad en el estudio en detalle de la instalación seleccionada como paso previo a su implementación.

Valoración personal

Con la presentación de este trabajo, se completa mi etapa de formación académica en el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales. Ha sido un periodo de trabajo duro y mucha exigencia. Sin lugar a dudas, el mayor reto que se me ha presentado en mi vida hasta ahora. El resultado de dicha etapa es la adquisición de unas bases de conocimiento sobre las tecnologías industriales y el aprendizaje en muchas otras cuestiones no vinculadas directamente al ámbito científico-técnico.

En el transcurso de la elaboración de este trabajo, he podido aplicar a un caso práctico real muchos de los conocimientos aprendidos a lo largo de los años de la titulación relacionados con la economía, la dirección de empresa, la dirección de operaciones y la gestión de proyectos entre otros.

Algunos de los aspectos más laboriosos durante la realización del trabajo han sido la de analizar algunas de las problemáticas de la empresa objeto de estudio así como la obtención de los datos necesarios para la evaluación técnica y económica, tanto por parte de dicha empresa como del proveedor de la instalación.

Al tiempo que he realizado este trabajo, he estado contratado como estudiante en prácticas en una empresa, adquiriendo nuevas aptitudes, conocimientos, y viviendo experiencias que espero me sean de ayuda en el futuro, tanto a nivel personal como profesional.

Al inicio de este trabajo y analizando la información proporcionada por la empresa objeto del estudio como del proveedor, se me presentaron algunas dudas al respecto de la viabilidad económica de la instalación. La principal causa era el precio elevado de los dispositivos móviles PDA en comparación con otro tipo de dispositivo móvil, como por ejemplo las tabletas, la mayor inversión inicial que se requería, y la variación de las pérdidas anuales de inventario. Tras el estudio realizado, la viabilidad de la instalación de TIC's recomendada ha sido demostrada, no obstante, en caso de que la inversión inicial necesaria no resulte satisfactoria para la empresa, se sugiere la sustitución de la instalación de los dispositivos móviles PDA por otro tipo de dispositivo más económico. En cualquiera de los casos, la optimización del proceso productivo y la mejora en el desempeño del trabajo será muy satisfactoria.

Referencias bibliográficas

[1]. Fundación 1º de Mayo. Centro Sindical de Estudios. “Retos y tendencias del sistema agroalimentario”.

www.1mayo.ccoo.es/nova/files/1018/F1MLlobera.doc

[2]. Asociación de Industrias de Alimentación de Aragón. Industrias en España.

<http://www.aiaa.es/sector/industriaspain.php>

[3]. Agroalimentario de la Comunitat Valenciana. IVACE, (2017)

http://www.ivace.es/Internacional_Informes-Publicaciones/Sectores/AGROALIMENTARIOCV_2017.pdf

[4] Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2016. “Informe anual de la Industria Alimentaria Española, periodo 2014-2015”.

http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/industria-agroalimentaria/_informeanualindustriaalimentaria2014-2015_tcm7-421229.pdf

[5]. Instituto Nacional de Estadística, (2016). “Directorio Central de Empresas: explotación estadística”, “Observatorio del Consumo y la Distribución Agroalimentaria”, “Cálculo de variaciones del Índice de Precios de Consumo”.

<http://www.ine.es/prensa/np984.pdf>

<http://www.ine.es/dyngs/IOE/es/operacion.htm?id=1259931145022>

<http://www.ine.es/varipc/>

[6]. Decco Ibérica. Tratamientos Postcosecha.

<http://www.deccoiberica.es/tratamientos-postcosecha/>

<http://www.deccoiberica.es/web/wp-content/uploads/2014/05/lavadora-citricos.jpg>

[7]. Universidad de California-Davis, (2002). “Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas”.

[8]. Salvador, A., Navarro, P. y Martínez-Jávega, J.M. IVIA, (2007). “Tecnología Postcosecha de Cítricos”.

[9]. TEKNAEVO TPG. “Manual de Instrucciones” y “Manual de Instalación”.

[10]. GRACO. “Instrucciones de Husky 515”.

[11]. Jáuregui, F., Carmona, L., Carrión, E, (2015). “TECNIDEX, el fruto del sueño de un emprendedor”.

[12]. Blog DAVISA. Cómo y dónde afecta la logística.

<http://www.davisa.es/blog/como-y-donde-afecta-la-logistica/>

[13]. Blog de SAP. Stocks de seguridad : stock mínimo

<http://www.blogdesap.com/2010/02/stocks-de-seguridad-i-stock-minimo-fijo.html#>

[14]. Domínguez Machuca, J.A., García González, S., Domínguez Machuca, M.A., Ruiz Jiménez, A., Álvarez Gil, MJ., (1995). “Dirección de Operaciones – Aspectos tácticos y operativos en la producción y servicios.”

[15]. Ingeniería Industrial Online. “Administración de Inventarios”, “Sistema de Producción Job-Shop”, “Programación a Corto Plazo”.

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/administraci%C3%B3n-de-inventarios/>

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/produccion/job-shop/>

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/programaci%C3%B3n-a-corto-plazo/>

[16]. Infor, (2013). “Plan de 5 puntos para seleccionar con éxito su ERP”.

<http://es.infor.com/go/tykerp-five-point-plan/>

[17]. EvaluandoERP.com. Evaluación técnica del ERP.

<http://www.evaluandoerp.com/evaluacion-tecnica-del-erp/>

[18]. Castellina, N., Krensky, P. ABERDEEN GROUP, (2013). "Best-in-Class Strategies for Selecting an ERP Solution in 2013"

http://www.ics-support.com/sites/default/files/pdf/Aberdeen_Group_Selecting_an_ERP_Solution.pdf

[19]. Tekktia. Sistema de gestión de almacén.

<http://www.tekkia.com/programa-gestion-almacen-sga-inventarios-trazabilidad-pda/>

[20]. HandHeld. Nautiz X4.

<https://www.handheldgroup.com/es/computador-robusto/handheld-pda/nautiz-x4/>

[21]. Tekktia, (2016). "Sistema de gestión de almacén mediante dispositivos móviles PDA".

[22]. TECNIDEX Fruit Protection, S.A.U.

<http://www.tecnidex.es/>

[23]. Aragonés, P. Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. "Toma de decisiones en dirección de proyectos. Método AHP".

[24]. Saaty, T., (1994). "How to make a decision: the analytic hierarchy process".

[25]. Sapag Chain, N., (2004). "Evaluación de proyectos de inversión en la empresa".

[26]. Macías, A., "La informática y su influencia en los procesos de producción."

<https://antoniomacias18.wordpress.com/la-informatica-y-su-influencia-en-los-procesos-de-produccion/>

[27]. Diputación Foral de Bizkaia. Guía Tecnopyme. Aplicación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Industria.

http://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca_GT_INDUSTRIA.pdf?idioma=CA

Anexos

Anexo 1: Ficha técnica del hardware NAUTIZ X4

- **Medidas y peso:**

156 mm (6,1") * 74 mm (2,9") * 25,5 mm (1,0")

330 g (batería incluida)

- **Medio:**

Caída 1,8 m

Agua, tierra y polvo: IP65

- **Procesador/memoria:**

Procesador: Marvell PXA320 Xscale 806 MHz

Memoria: RAM de 256 MB

- **Almacenamiento de datos:**

Flash de 512 MB

- **Sistema operativo:**

Windows Mobile 6.1 o Android

- **Pantalla:**

3,5" VGA TFT LCD, 480 x 640 px

- **Batería:**

Li- ion recargable de 4400 mAh, para el funcionamiento de todo el día.

- **Conexiones:**

USB ordenador/cliente, Serial (TTL), IrDA, Ethernet (mediante base de escritorio), Puerto MicroSD

- **Comunicaciones:**

PAN: Bluetooth 2.0 + EDR, WLAN*: 802.11b/g integrado

- **Escáner de códigos de barra**

Lector 1D láser integrado



Presupuesto

El presupuesto correspondiente a la instalación descrita en el presente trabajo se divide en cuatro partidas diferentes:

1. PROGRAMAS: La primera partida corresponde al coste de los software del ERP y los dispositivos PDA

Descripción	Cant.	Precio/u.	Total
Logisgest - licencia versión PDA	6	600 €	3.600 €
Logisgest Server - licencia versión servidor	1	1.400 €	1.400 €
		TOTAL	5.000 €

2. SERVICIOS: La segunda corresponde a los precios del trabajo de campo de los técnicos del proveedor para la puesta en marcha de la instalación.

Descripción	Cant.	Precio/u.	Total
Integración de datos con NAVISION	1	650 €	650 €
Instalación remota y parametrización	1	1.100 €	1.100 €
		TOTAL	1.750 €

3. MANTENIMIENTO ANUAL: La tercera partida del presupuesto es la destinada al mantenimiento de licencia de los softwares, incluido desde la puesta en marcha.

Descripción	Cant.	Precio/u.	Total
Mantenimiento licencia versión PDA	6	150 €	900 €
Mantenimiento licencia versión servidor	1	300 €	300 €
		TOTAL	1.200 €

4. HARDWARE: Por último, se especifica la partida correspondiente a los dispositivos PDA

Descripción	Cant.	Precio/u.	Total
NAUTRIZ X4 PDA Industrial	6	1.249 €	7.494 €
		TOTAL	7.494 €

TOTAL INVERSIÓN INICIAL	14.244 €
--------------------------------	-----------------

81,74

DESCAMPADO

RAMPA

NAVE-1

NAVE-4

3,43

ACCESO
PRINCIPAL

NAVE-2

19,94

67,68

C/Ciudad de Sevilla

NAVE-3

19,75

CAFETERÍA

25,55

C/Ciudad de Onda