

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ÁREA ACADÉMICA DE GERENCIA DE PROYECTOS
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS



**“Plan de gestión para el desarrollo de una máquina liofilizadora
para la empresa ATECSA”**

Proyecto de graduación para optar por el grado académico de
Maestría en gerencia de proyectos.

Realizado por:

Victor Chan Cheng

Profesor Tutor:

Gustavo Cubas

San José, Agosto del 2015

Índice

Índice.....	i
Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas.....	viii
Índice de cuadros.....	ix
Lista de abreviaturas.....	xi
Resumen ejecutivo.....	xii
Abstract.....	xiii
Introducción.....	1
1. Capítulo I: Generalidades de la investigación.....	2
1.1 Marco de referencia empresarial.....	2
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Estructura y marco estratégico.....	3
1.3.1 Misión.....	4
1.3.2 Visión.....	4
1.4 Justificación del proyecto.....	4
1.5 Planteamiento del problema.....	6
1.6 Objetivos.....	6
1.6.1 Objetivo general.....	6
1.6.2 Objetivos específicos.....	6
1.7 Alcance.....	7
1.8 Limitaciones.....	8
2 Capítulo II: Marco conceptual.....	9

2.1	Administración de proyectos	9
2.2	Proyecto	9
2.2.1	Administrador de proyectos	9
2.3	Ciclo de vida de los proyectos	11
2.4	Grupo de procesos del ciclo de vida de un proyecto	13
2.4.1	Grupo de procesos y sus respectivas áreas de conocimiento.	15
2.5	Formulación y evaluación de proyectos	17
2.5.1	Inversión inicial	17
2.5.2	Flujo de efectivo.....	17
2.5.3	Técnicas de evaluación financiera de proyecto	17
2.6	Ingeniería de sistemas.....	18
2.6.1	Sistemas	19
2.6.2	Ingeniero en sistemas	19
2.6.3	Ciclo de vida en ingeniería de sistemas	20
2.6.4	Grupo de procesos del ciclo de vida en ingeniería de sistemas.	21
2.7	Liofilización.....	25
3	Capítulo III: Marco metodológico	26
3.1	Tipo de investigación.....	26
3.2	Fuentes y sujetos de información	26
3.3	Fuentes de información primaria.....	27
3.4	Fuentes de información secundaria.....	27
3.5	Sujetos información	27
3.6	Técnicas de información	28

3.6.1	Entrevista	28
3.6.2	Revisión documental.....	28
3.6.3	Lista de verificación.....	28
3.6.4	Juicio de experto.....	28
3.7	Presentación formal de la investigación	29
3.7.1	Procesamiento y análisis de datos.....	29
4	Capítulo IV: Análisis de resultados	34
4.1	Situación actual de la empresa	34
4.2	Factibilidad Técnica	35
4.3	Estudio financiero	36
4.3.1	Supuestos del análisis	36
4.3.2	Insumos de la empresa	37
4.3.3	Factibilidad económica de la compra de una máquina liofilizadora	39
4.3.4	Factibilidad económica del desarrollo una Máquina Liofilizadora	40
5	Capítulo V: Implementación del plan de gestión	44
5.1	Plan de integración.....	44
5.1.1	Descripción de alto nivel.....	44
5.1.2	Etapas del ciclo de vida del proyecto.....	45
5.1.3	Fases del proyecto	45
5.1.4	Desarrollo del acta de constitución del proyecto.....	47
5.1.5	Plan para la dirección del proyecto	55
5.1.6	Control integrado de cambios	55
5.2	Identificación de los interesados	57

5.3	Plan para la gestión del alcance del proyecto.....	59
5.3.1	Definición de requerimientos del producto	59
5.3.2	Análisis de requerimientos del producto.....	61
5.3.3	Funciones del sistema.....	62
5.3.4	Especificaciones del sistema.....	63
5.3.5	Estructura de desglose de trabajo	70
5.3.6	Diccionario del EDT	72
5.3.7	Control del alcance	72
5.4	Plan de gestión del cronograma.....	73
5.4.1	Secuenciar las actividades	73
5.4.2	Estimación de los recursos y duración de las actividades	73
5.4.3	Ruta crítica	85
5.5	Plan para la gestión del costo	86
5.5.1	Estimación de costos.....	86
5.5.2	Determinación del presupuesto	89
5.6	Plan para la gestión de calidad.....	91
5.6.1	Aseguramiento de la calidad	99
5.6.2	Control de la calidad	100
5.7	Plan para la gestión de recursos humanos	101
5.7.1	Roles, responsabilidades y autoridades.....	101
5.7.2	Organigrama del proyecto.	102
5.7.3	Definición de perfiles ocupacionales y descripción de funciones.	104
5.7.4	Adquirir el equipo del proyecto	110

5.8	Plan para la gestión de las comunicaciones.....	111
5.8.1	Gestión de las comunicaciones.....	114
5.8.2	Control de las comunicaciones.....	114
5.9	Plan para la gestión de riesgos.....	115
5.9.1	Identificación de los riesgos.....	115
5.9.2	Análisis cualitativo de riesgos.....	118
5.9.3	Plan de respuesta a los riesgos.....	121
5.9.4	Control de riesgos.....	121
5.10	Plan para la gestión de las adquisiciones.....	124
5.10.1	Plan de compras y adquisiciones.....	124
5.10.2	Procedimientos para hacer pedidos.....	124
5.10.3	Plan de contratación.....	125
5.10.4	Procedimientos para hacer contratos de precio fijo cerrado.....	125
5.10.5	Contratación de ingenieros.....	125
5.10.6	Control de adquisiciones.....	126
5.10.7	Cierre de adquisiciones.....	126
6	Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones.....	127
6.1	Conclusiones.....	127
6.2	Recomendaciones.....	128
	Referencias bibliográficas.....	129
	Apéndice 1 Entrevista: Situación actual en gestión de proyectos.....	131
	Apéndice 2 Lista de verificación: Grupos de procesos disponibles.....	134
	Apéndice 3 Entrevista: Cuestionario sobre el producto.....	138

Apéndice 4 Lista de requerimientos	140
Apéndice 5 Plantilla del Acta de Constitución del proyecto.....	142
Apéndice 6 Cronograma	146
Apéndice 7 Flujo efectivo para una máquina comprada	148
Apéndice 8 Flujo efectivo para una máquina diseñada.....	149
Apéndice 9 Plantilla de fichas de calidad.....	150
Apéndice 10 Plantilla de orden de compra.....	151
Apéndice 11 Plantilla de orden de servicio.....	152
Apéndice 12 Plantilla de orden de entregable	153
Apéndice 13 Plantilla de registro de adquisiciones	154
Apéndice 14 Plantilla de solicitud de cambio	155
Apéndice 15 Plantilla de registro de cambios.....	156
Apéndice 16 Sujetos de información	157
Apéndice 17 Lista de verificación de calidad	158
Apéndice 18 Diccionario del EDT	159
Apéndice 19 Ruta crítica del cronograma.....	162
Apéndice 20 Reservas de contingencia	163

Índice de figuras

Figura 1.1. Organigrama de la empresa ATECSA	3
Figura 2.1: Triángulo que relaciona costo, tiempo y alcance.	10
Figura 2.2: Fases del ciclo de vida de un proyecto	11
Figura 2.3: Etapas del ciclo de vida de un proyecto.	13
Figura 2.4: Ejemplo de Árbol de Especificaciones.	24
Figura 5.1: Diagrama de flujo para la solicitud de cambio.	57
Figura 5.2: Diagrama de alto nivel de una máquina liofilizadora	64
Figura 5.3: Árbol de especificaciones.....	66
Figura 5.4: EDT para el plan del alcance del proyecto.....	71
Figura 5.4: Línea Base de Costo del Proyecto.....	91
Figura 5.5: Organigrama del proyecto.	103
Figura 5.6: Estrategia de Comunicaciones.....	111
Figura 5.7: Matriz de comunicaciones.....	113

Índice de tablas

Tabla 4.1: Comparación de insumos para los casos estudiados.....	38
Tabla 4.2: Gasto de la empresa con una máquina comprada.	39
Tabla 4.3: Resumen de parámetros obtenidos del flujo efectivo de una máquina comprada. ..	40
Tabla 4.4: Gasto de la empresa con una máquina diseñada.	41
Tabla 4.5: Resumen de parámetros obtenidos del flujo efectivo de una máquina diseñada.	42
Tabla 4.6: Comparación entre los de parámetros obtenidos del flujo efectivo de una máquina comprada y una diseñada.	43
Tabla 5.1: Secuencia de actividades	74
Tabla 5.2: Estimación de recursos y esfuerzo de actividades.....	80
Tabla 5.3: Costo total por los servicios de construcción e instalación del proyecto.	88
Tabla 5.4: Costo de componentes adquiridos para el proyecto.....	89
Tabla 5.5: Presupuesto estimado para el proyecto.	90
Tabla 5.6: Escala de valores impacto probabilidad.....	119
Tabla 5.7: Matriz de probabilidad-impacto.	120

Índice de cuadros

Cuadro 2.1: Resumen de los principales grupos de procesos.	14
Cuadro 2.2: Integración de procesos y áreas de conocimiento.	16
Cuadro 2.3: Ciclo de vida en ingeniería de sistemas.	20
Cuadro 2.4: Grupo de procesos en ingeniería de sistemas.	21
Cuadro 2.5: Proceso para la definición de requisitos.	23
Cuadro 2.6: Proceso para análisis de requisitos.	24
Cuadro 3.1: Análisis del primer objetivo utilizando técnicas de investigación.....	30
Cuadro 3.2: Análisis del segundo objetivo utilizando técnicas de investigación.....	31
Cuadro 3.3: Análisis del tercer objetivo utilizando técnicas de investigación.....	32
Cuadro 3.4: Análisis del cuarto objetivo utilizando técnicas de investigación.....	33
Cuadro 4.1: Supuestos del estudio financiero.	37
Cuadro 5.1 : Ciclo de vida del proyecto.	46
Cuadro 5.2 : Fases del proyecto.....	47
Cuadro 5.3: Acta de constitución del proyecto.	48
Cuadro 5.4: Registro de los interesados del proyecto.....	58
Cuadro 5.5: Cuadro de necesidad y requerimiento.....	60
Cuadro 5.6 : Especificaciones del sistema.	65
Cuadro 5.7: Actividades del proyecto.....	67
Cuadro 5.8: Costo total por los recursos de ingeniería	87
Cuadro 5.9: Criterios de calidad del proyecto.	92
Cuadro 5.10: Ficha de indicador del tiempo.....	93
Cuadro 5.11: Ficha de indicador del costo.....	94
Cuadro 5.12: Ficha de indicador del alcance	95
Cuadro 5.13: Criterios de calidad del producto.....	96
Cuadro 5.14: Ficha de indicador del producto liofilizado.....	97

Cuadro 5.15: Ficha de Indicador del consumo eléctrico.....	98
Cuadro 5.16: Ficha de indicador de la presión alcanzada.	99
Cuadro 5.17: Roles y responsabilidades.	101
Cuadro 5.18: Perfil ocupacional del Ing. Mecánico.	105
Cuadro 5.19: Perfil ocupacional del Ing. Eléctrico.	106
Cuadro 5.20: Perfil ocupacional del Ing. Electrónico.	107
Cuadro 5.21: Perfil ocupacional del Técnico Eléctrico.....	108
Cuadro 5.22: Perfil ocupacional del Taller de Mecánica de Precisión.....	109
Cuadro 5.23: Perfil ocupacional del Taller de PCB.....	110
Cuadro 5.24: Riesgos identificados.....	116
Cuadro 5.25: Escala de valoración del impacto sobre el proyecto.....	119
Cuadro 5.26: Matriz de riesgo- Clasificación de prioridad.....	122
Cuadro 5.27: Matriz de riesgo- Plan de acción.	123

Lista de abreviaturas

APA: Asociación Americana de Psicología (por sus siglas en inglés “American Psychological Association”).

ATECSA: Automatización y Tecnología CNC S. A.

PMI®: Instituto de Administración de Proyectos (por sus siglas en inglés “Project Management Institute”).

PMBok®: Cuerpo de Conocimientos de Administración de Proyectos (por sus siglas en inglés “Project Management Body of Knowledge”). En el presente trabajo se utilizó la quinta edición, del año 2013.

SEBoK: Cuerpo de Conocimientos de Ingeniería de Sistemas (por sus siglas en inglés “System Engineering Body of Knowledge”).

SEFG: Guía de Fundamentos de la Ingeniería de Sistemas (por sus siglas en inglés “System Engineering Fundamentals Guide”).

EDT: Estructura de Descomposición de Trabajo.

INCOSE: Concilio Internacional en Ingeniería de Sistemas (por sus siglas en inglés “International Council of System Engineering”).

TIR: Tasa Interna de Retorno.

VAN: Valor Actual Neto.

PR: Periodo de Recuperación.

ID: Índice de deseabilidad.

PCB: Tarjeta de Circuito Impreso (por sus siglas en inglés “Printed Board Circuit”).

Resumen ejecutivo

La empresa ATECSA fue fundada en el año 2008. Inicialmente se dedicaba a realizar trabajos de servicios profesionales en ingeniería a diferentes empresas de manufactura. En el 2012 la administración se enfocó en un modelo de negocio diferente y se dedicó a la manufactura de productos alimenticios. La empresa desarrolló una línea de productos denominada Kilwó, que consiste en frutas deshidratadas y hechas mediante el proceso químico de liofilización.

La empresa desea realizar el diseño y construcción de una máquina que les permita incrementar la cantidad de producto y disminuir el consumo eléctrico en la producción. El producto final consiste en la entrega física de una máquina que realice procesos de liofilización según las necesidades de la empresa y de los respectivos planos eléctricos y mecánicos utilizados para su construcción. El riesgo económico para la empresa es alto si el proyecto fracasa y retrasaría sus planes de expansión en el comercio local.

El desarrollo de una liofilizadora conlleva un riesgo de diseño debido a que involucra diferentes áreas de la ingeniería que necesitan complementarse para poder obtener el producto con los requerimientos de la empresa, para mitigar este riesgo se decide aplicar el uso de los procesos de ingeniería de sistemas para planificar el alcance de proyectos multidisciplinarios y de la metodología en administración de proyectos para incrementar las probabilidades de éxito del proyecto.

El objetivo principal del proyecto es el desarrollo de un plan de gestión de proyecto para el diseño y la construcción de una máquina liofilizadora que cumpla con los requerimientos de producto previamente definidos en el acta de constitución del proyecto por la empresa ATECSA

Las conclusiones finales obtenidas a partir del proyecto se resume en el siguiente punto: se desarrolló los planes, procesos y herramientas necesarias, según la guía metodológica del PMBoK®, que complementan un plan para administrar el proyecto de una máquina liofilizadora. Las recomendaciones finales sugieren que ATECSA actualice su plan del alcance con los recomendaciones dadas por el equipo de trabajo que se contrate, además es necesario especificar en la oferta de trabajo que los recursos contratados utilicen el plan de comunicaciones presentado en el plan de gestión del proyecto.

Palabras Clave: Liofilización, Administración de Proyectos, Ingeniería en Sistemas, Flujos Financieros, PMI, Plan de Gestión, ATECSA

Abstract

ATECSA was founded in 2008. Initially, the company was dedicated to provide engineering services to various manufacturing companies. In 2012 the administration decided to focus on a different business model and switched to manufacturing of food products. The company developed a product line called Kilwó, which consists of dried fruits manufactured by a chemical freeze-drying process called lyophilization.

ATECSA wishes to carry out the design and construction of a machine that allows them to increase production capacity and reduce electricity and maintenance costs. The final project goal is the design of a lyophilization machine processes based on the needs of the company and the delivery of their respective electrical and mechanical drawings plans used for its construction. The economic risk to the company is high if the project fails and will delay its expansion plans in the local market.

The development of this type of machine carries a design risk due to its involvement in different engineering areas that needs to be complemented one another to obtain the product with the requirements of the company, to mitigate this risk, it is decided to apply the use of systems engineering process to plan the scope of multidisciplinary projects and the methodology of project management to increase the probability of success for the project.

The main objective of this graduation project is to develop a project management plan for the design and construction of a freeze-drying machine that meets the predefined product requirements requested by ATECSA documented in the Project Charter.

The final conclusion of the project is summarized in the following point: the necessary plans, processes and tools were developed, according to the methodological guide PMBoK®, which will complement a plan to manage the project of a lyophilizer machine.

The final recommendations suggest that ATECSA should update their scope plan with the feedback and information provided by the team work when the resources required for the project had been hired, it's also necessary to specify in the job offer that each professional should follow the communications plan previously defined by the project management plan.

Keywords: Lyophilization, Project Management, Systems Engineering, Financial Flows, PMI, Management Plan, ATECSA.

Introducción

En la actualidad, para que una empresa nueva pueda sobrevivir en un mundo tan competitivo y global, debe de tener entre sus planes estratégicos el incremento de producción bajo un modelo de desarrollo sostenible. La empresa ATECSA realiza una apuesta dentro del área de diseño e innovación en el mercado local en el momento en que decide que se deben dedicar recursos para desarrollar un producto que les permita disminuir sus gastos y aumentar la cantidad de producción. El diseño y construcción de un maquina liofilizadora resulta ser un proyecto complejo en términos de costo, alcance, tiempo y recursos, es por esto que la aplicación de la metodología en administración de proyectos es necesaria para reducir los riesgos potenciales que pueden surgir en un proyecto del cual no existe documentación histórica de su implementación en el país.

Este documento consiste en el desarrollo de seis capítulos. El primer capítulo denominado Generalidades de la Investigación, permite conocer a la organización e identificar la problemática que justifica el desarrollo del proyecto, en el segundo capítulo se puede observar el Marco Conceptual del cual se basara toda la investigación, el tercer capítulo explicará la metodología de investigación aplicada para documentar los datos necesarios que permitieron cumplir con los objetivos del proyecto, el cuarto capítulo brinda al lector un análisis de resultados que permite comprender la situación actual de la empresa y las razones financieras por las que se decidió realizar el proyecto. El quinto capítulo detalla la propuesta para la implementación de los planes, procesos y herramientas basadas en la metodología de PMI® para la gestión de los proyectos y, finalmente, en el capítulo seis, se encuentran las conclusiones y recomendaciones.

1. Capítulo I: Generalidades de la investigación

En este capítulo se presentan las generalidades del proyecto, el marco de referencia de la organización en donde se desarrolló el proyecto, el planteamiento y la justificación del problema, los objetivos generales y específicos del proyecto, el alcance del proyecto y sus limitaciones.

1.1 Marco de referencia empresarial

A continuación se resumen los antecedentes y la estructura organizacional de la compañía Automatización y Tecnología CNC S.A. (ATECSA) donde se llevó a cabo el presente trabajo final de graduación.

1.2 Antecedentes

Para el desarrollo de este apartado, se tomó como fuente la información suministrada por el ingeniero Diego Robles, representante oficial de la empresa ATECSA.

La empresa ATECSA fue fundada en el año 2008. Inicialmente se dedicaba a realizar trabajos de servicios profesionales en ingeniería a diferentes empresas de manufactura. Entre sus servicios se encontraban consultorías, automatizaciones, compra y venta de equipo, entre otros. Para el año 2012, uno de sus fundadores, el Ingeniero Álvaro Martínez, decidió separarse de la empresa y vendió sus acciones a la familia Robles Morales, la cual asume el 100% del control de la misma, convirtiendo a ATECSA en una empresa familiar.

La nueva administración se enfocó en un modelo de negocio diferente y cambió el giro de negocios a la manufactura de productos alimenticios. La empresa desarrolló una línea de productos denominada Kilwó, que consiste en frutas deshidratadas (similares a los helados secos de los astronautas) y hechas mediante el proceso químico de liofilización.

En el año 2014, ATECSA experimentó un incremento en la cantidad de productos de Kilwó vendidos en el país, lo cual les llevó replantear su visión actual a una dirigida al crecimiento y expansión de la marca en Costa Rica.

1.3 Estructura y marco estratégico

La empresa no tiene un diagrama estructural definido por lo que por medio de una entrevista con el ingeniero de proyectos se pudo definir un organigrama que se acerca a la estructura organizacional de la empresa en la figura 1.1.

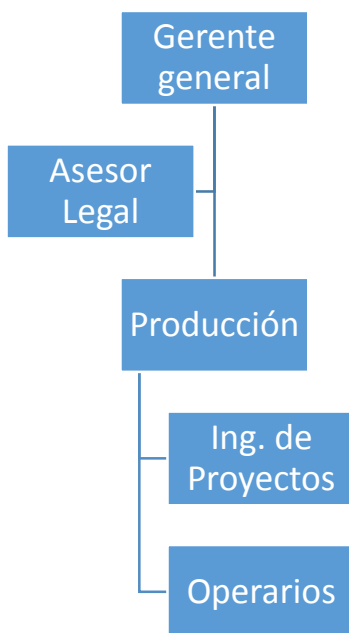


Figura 1.1. Organigrama de la empresa ATECSA

Como se pudo observar en la figura anterior, la empresa es pequeña, la parte administrativa es gestionada completamente por el gerente general, la sección de producción está compuesta por los operarios que desde manufactura preparan el producto y lo entregan para su distribución. La labor del ingeniero de proyectos es la de dar mantenimiento a las máquinas y la de gestionar cualquier tipo de proyectos que requiera la empresa.

1.3.1 Misión

Según su plan empresarial, la empresa define su misión como “Ser una compañía de alimentos que brinda productos nutritivos, de calidad, innovadores y libres de preservantes para sus consumidores” (ATECSA, 2012).

1.3.2 Visión

La visión definida por la empresa es “Ser líderes en la producción de alimentos liofilizados y su expansión comercial de manera sostenible en Costa Rica para el año 2017” (ATECSA, 2012).

1.4 Justificación del proyecto

ATECSA utiliza máquinas liofilizadoras para poder generar sus productos. Cada máquina tiene un costo adquisitivo alto con relación a la capacidad de inversión de la compañía. La máquina menos costosa que cumple con las características deseadas tiene un valor de \$20.000 traída desde China, sin tomar en cuenta los cargos en transporte. En el caso que sea necesario darles mantenimiento, se requiere traer técnicos desde Asia debido a requerimientos de la garantía del proveedor, lo cual genera retrasos en la producción.

La empresa tiene contemplado para el siguiente año incrementar su producción, para lo cual habían considerado inicialmente adquirir una máquina más, pero al tomar en cuenta aspectos tales como:

- **Infraestructura:** Las máquinas ofrecidas por el fabricante chino poseen una cámara de liofilización para un volumen reducido de frutas. Para ATECSA, lo ideal sería poder contar con una opción de máquinas de mayor capacidad. Actualmente cada máquina puede producir 36000 paquetes anuales, se desea que la nueva pueda incrementar en un 25% la producción.
- **Consumo eléctrico:** El costo del consumo eléctrico actual en el país ha mostrado una tendencia a la alza en los últimos años. Con la incorporación de otra máquina más del mismo proveedor, el costo mensual incrementaría proporcionalmente. Esto obliga a buscar

máquinas con un nivel de consumo menor en el futuro para que el negocio pueda seguir siendo viable. El cobro eléctrico actual por máquina es de ₡752.400 al año, la máquina diseñada debería de reducir el costo en un 10%.

- **Mantenimiento:** La empresa no puede depender de técnicos que tengan que venir desde Asia cada vez que haya que darle mantenimiento a cada una de las máquinas. La producción se detiene mínimo una semana para que el técnico pueda evaluar las máquinas. Si la liofilizadora es comprada, el gasto en viáticos (pasaje, hotel, etc.) de traer al técnico desde el exterior puede ser cercano a los \$3.000, esa cifra puede ser descontada si la máquina es diseñada en el país.

Al considerar estos factores, la compañía se dio cuenta que expandir su volumen de producción utilizando las máquinas actuales, no es una opción sostenible y tomó la decisión de desarrollar sus propias máquinas, en lugar de comprarla de su proveedor en Asia. El ingeniero supervisor de la empresa propone un proyecto para el desarrollo de una máquina liofilizadora a partir de especificaciones estructurales, mecánicas y eléctricas del sistema, de modo que el diseño y la construcción de cada una de ellas se lleven a cabo en Costa Rica. Estas máquinas deberán ofrecer características mejoradas con respecto a las máquinas con que la empresa cuenta actualmente. Para llevar a cabo el proyecto, se tiene pensado contratar a un grupo multidisciplinario de ingenieros bajo la modalidad de servicios profesionales para que puedan entregar los planos necesarios para la fabricación de las máquinas liofilizadoras.

El presupuesto inicial es de 16 millones de colones y para una empresa pequeña y que no cuenta con un historial en el diseño y construcción de máquinas liofilizadoras como ATECSA, puede resultar en un riesgo económico sumamente alto. El nivel de complejidad técnico en este proyecto es alto, debido a que involucra la coordinación de múltiples áreas de ingeniería para realizar actividades de diseño que deben de complementarse entre sí y que el producto final cumpla con los requerimientos de la máquina solicitados por el cliente. Para desarrollar este proyecto se necesita contratar profesionales de diversas áreas, entre las que se incluyen mecánica, eléctrica y electrónica. La comunicación y coordinación entre cada uno de ellos será esencial para el éxito

del proyecto. A fin de aumentar las probabilidades de éxito del proyecto, se hace necesario contar con un plan de integración que permita gestionar los diferentes planes que componen el proyecto.

1.5 Planteamiento del problema

Por el nivel de complejidad técnica y del riesgo económico que pueda ocurrir en el proyecto descritos anteriormente, la empresa ATECSA, requiere de un administrador de proyectos para que realice un plan de gestión del proyecto para el diseño y la construcción de una máquina liofilizadora, el plan documentado será entregado al ingeniero líder del proyecto que junto a su equipo de trabajo se encargarán de ejecutar, controlar y cerrar el proyecto.

1.6 Objetivos

A continuación se presentan los objetivos generales y específicos del presente trabajo final de graduación.

1.6.1 Objetivo general

Desarrollar un plan de gestión de proyecto para el diseño y la construcción de una máquina liofilizadora que cumpla con los requerimientos de producto previamente definidos en el acta de constitución del proyecto por la empresa ATECSA para aumentar las probabilidades de éxito del proyecto.

1.6.2 Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de los procedimientos de administración de proyectos de la empresa ATECSA con el fin de identificar los activos de procesos que pudieran ser utilizados en el desarrollo del plan de proyecto de desarrollo de la máquina liofilizadora.
- Analizar los casos de compra y diseño de una liofilizadora en el país mediante una evaluación financiera para justificar la viabilidad del proyecto en términos financieros
- Proponer los planes de gestión del proyecto de diseño y construcción de una máquina liofilizadora con base en el modelo de áreas de conocimiento del PMI®.

- Diseñar las herramientas que complementen cada uno de los planes subsidiarios utilizados en el plan de gestión del proyecto de diseño y construcción de una máquina liofilizadora.

1.7 Alcance

A fin de alcanzar los objetivos propuestos, se desarrollaron los siguientes entregables:

- Una evaluación de los activos de proceso de la empresa relacionados a la administración de proyectos para determinar los procesos que se pueden reutilizar para el plan del proyecto. La evaluación incluye la aplicación una entrevista relacionada a la gestión de proyectos y una lista de comparación con los procesos utilizados según el PMBoK® para la administración de proyectos.
- Un estudio de factibilidad financiera para los casos de compra y diseño de una máquina liofilizadora, incluyendo un análisis comparativo con base en los criterios de valor actual neto, periodo de recuperación e índice de deseabilidad para determinar el mejor caso desde el punto de vista financiero.
- Planes subsidiarios para la gestión de las siguientes áreas de conocimiento según el modelo del PMBOK®: integración, alcance, costo, tiempo, recursos humanos, calidad, riesgo, adquisiciones y comunicaciones.
- Un plan del alcance que incorpore los procesos de ingeniería en sistemas para facilitar el desarrollo de una gestión para proyectos multidisciplinarios. Los procesos a utilizar deben de incluir la definición y análisis de requerimientos, la definición de funciones y las especificaciones del sistema.
- Propuesta de los procesos y herramientas que se utilizarán en la gestión del proyecto para facilitar la documentación de los planes subsidiarios y facilite la gestión exitosa del proyecto.

1.8 Limitaciones

- El plan del proyecto debe de estar concluido y aprobado para Julio del año 2015, con el fin de incorporar los planes de acción propuestos como parte del plan estratégico de la empresa ATECSA para que la etapa de ejecución inicie el 1 de septiembre del 2015.
- El éxito de este proyecto de investigación depende en gran medida de la colaboración y disponibilidad del representante técnico de la empresa, el Ing. Diego Robles, quien es el principal contacto entre el administrador de proyectos y la empresa ATECSA, toda la información solicitada acerca de la empresa o el proyecto provienen del representante.
- Por motivos académicos solo se tomara en cuenta la primera iteración de especificaciones durante el proceso de especificaciones del sistema para determinar la EDT utilizando la metodología de ingeniería de sistemas.
- El análisis de comprar -hacer se limitará al caso de compra directa sin financiamiento según lo especificado por la empresa.
- Las actividades de puesta en operación están excluidas dentro del marco de actividades de la presente investigación.

2 Capítulo II: Marco conceptual

En este capítulo se describen los conceptos básicos relacionados con la administración de proyectos, la ingeniería de sistemas y la liofilización, conceptos que se utilizaron de base para el trabajo de investigación y que sustentan la propuesta final.

2.1 Administración de proyectos

A continuación se muestran las bases fundamentales relacionadas al tema de gestión de proyectos.

2.2 Proyecto

Un proyecto es un conjunto de actividades finitas, realizadas solo una vez y con objetivos definidos. Cada actividad puede ser realizada con una serie de recursos humanos y materiales. Entre las características propias de un proyecto se pueden encontrar las siguientes: enfocado, tiempo limitado, único, flexible, trabajo en equipo, posee paquetes de trabajo y sigue un ciclo de vida (Mishra, R.C, 2005, pág. 17).

Los proyectos tienen un inicio y un final, el cual es alcanzado cuando se logran todos los objetivos, el proyecto se es cancelado o el tiempo máximo del proyecto ha sido alcanzado sin que los objetivos se hayan cumplido (PMI, 2013, pág.2).

2.2.1 Administrador de proyectos

Según *Fundamentals of Project Management*, “un administrador de proyectos debe de facilitar la planeación del o los proyectos”. El rol del administrador es el de ser un habilitador, su principal labor es el hacer que el equipo complete su trabajo, obtener los recursos que necesiten y el de disminuir cualquier interferencia externa que pueda distraer su trabajo (Heagney, J., 2011 pág. 5).

Desde la perspectiva de la administración de proyectos, se debe de poder identificar los requisitos de los interesados para establecer objetivos claros y poder balancear las demandas de tiempo,

alcance y costo. El planeamiento, calendarización y control de las actividades a realizar son parte del trabajo del administrador de proyectos.

Según Heagney, “una de las causas comunes de los fracasos es que el interesado principal del proyecto exige que sin importar que el alcance varíe durante el transcurso del proyecto, se debe de terminar siempre en el tiempo y presupuesto establecido inicialmente”. En la realidad es imposible que esto se cumpla ya que el alcance de un proyecto está en función del costo y tiempo por lo que tienden a variar si el alcance incrementa, gráficamente son representados con un triángulo como el que se ve en la figura 2.1 (Heagney, J., 2011 pág. 9).

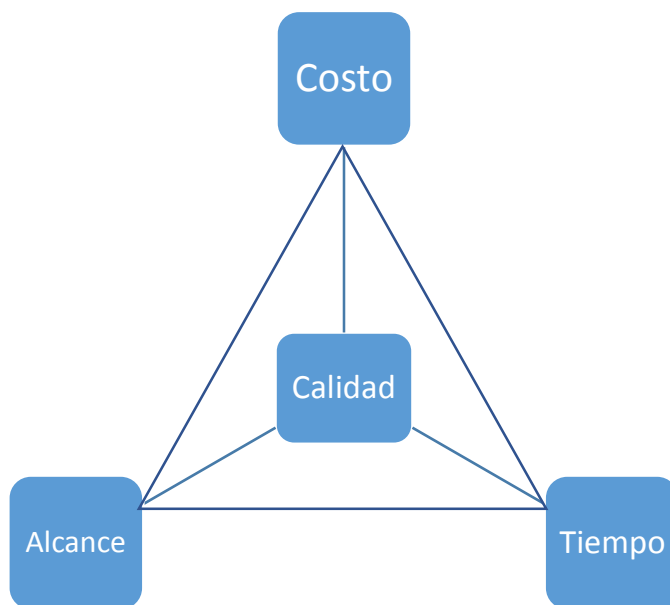


Figura 2.1: Triángulo que relaciona costo, tiempo y alcance.
Fuente: Heagney, J., 2011 pág. 9

En la figura anterior se puede observar que cualquier variación de la magnitud en un lado puede afectar al otro. Es obligación del gerente de proyectos indicarle al patrocinador del proyecto el impacto que puede tener en el proyecto si se desea reducir o aumentar alguna variable.

2.3 Ciclo de vida de los proyectos

De acuerdo a la guía metodológica del PMBoK®, el ciclo de vida de un proyecto se define como “el conjunto de fases del mismo, generalmente secuenciales y en ocasiones superpuestas, cuyo nombre y número se determinan por las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación.”(PMI®, 2013, pág.19).

En la figura 2.2, se muestran las fases del ciclo de vida en secuencia y los recursos necesarios en cada fase. Cabe señalar que estas fases pueden traslaparse entre sí. Asimismo se puede observar que las actividades o recursos requeridos al inicio son bajas pero cuando se llega a su finalización son de un nivel alto, por lo cual tiene una curva parabólica. Un adecuado proceso para el control de cambios y levantamiento de requisitos es necesario ya que mientras se acerca a la etapa de implementación el presupuesto y el tiempo del proyecto se irá reduciendo y cada cambio que se realice será más costoso en esta etapa que en las anteriores (Mishra, R.C., 2005).

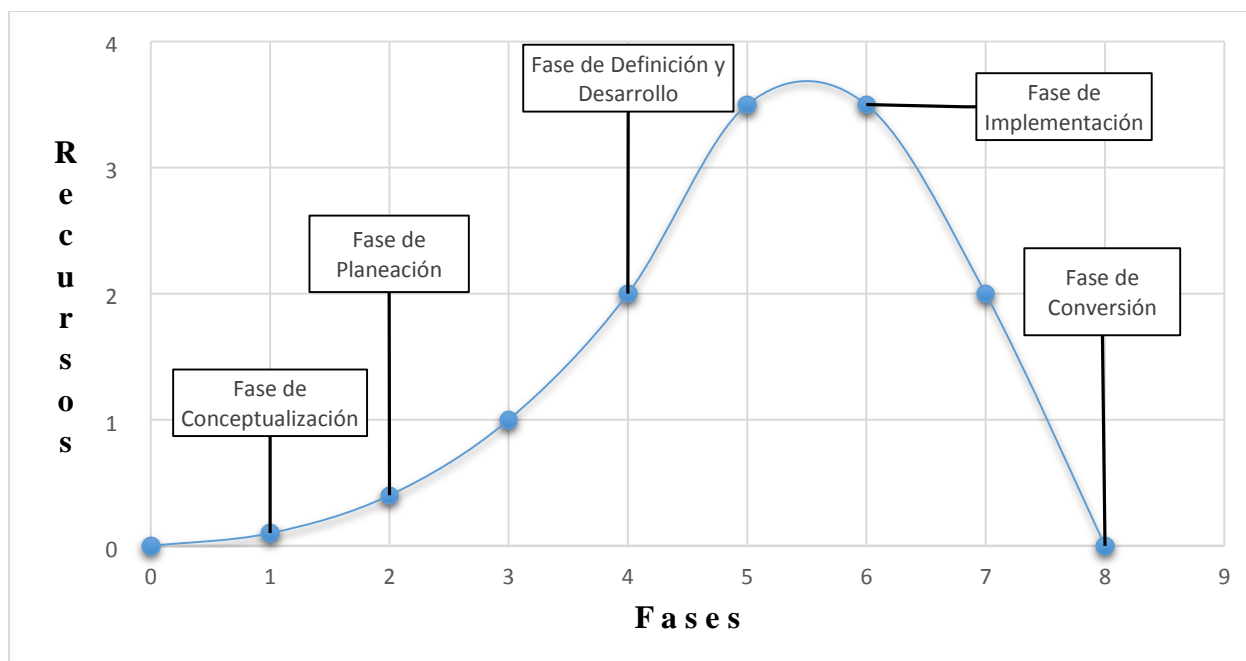


Figura 2.2: Fases del ciclo de vida de un proyecto
Fuente: Kerzner, 2013, pág. 82.

Según Kerzner, las fases estándares de los proyectos se pueden definir de la siguiente manera:

- Fase de conceptualización: Inicio del proyecto, fase informal y que presenta procesos poco estructurados para su realización.
- Fase de planeación: Después de aprobado el proyecto, se inicia la planificación inicial del mismo y los planes iniciales empiezan a tomar forma.
- Fase de definición y diseño: Se definen el alcance del proyecto y sus objetivos a completar.
- Fase de implementación: Desarrollo y ejecución del proyecto.
- Fase de conversión: Cierre del proyecto.

Desde la iniciación hasta el cierre, un proyecto atraviesa diferentes etapas en su ciclo de vida, entre las cuales incluye la definición de objetivos, planificación para lograr los objetivos, ejecución del trabajo, control y monitoreo y cierre del proyecto.

En la figura 2.3 se muestran las diferentes etapas del proyecto en donde cada etapa representa un grupo de procesos. Las flechas muestran la interrelación que tienen cada una de ellas entre sí (Heldman, K., 2004, pág.11).

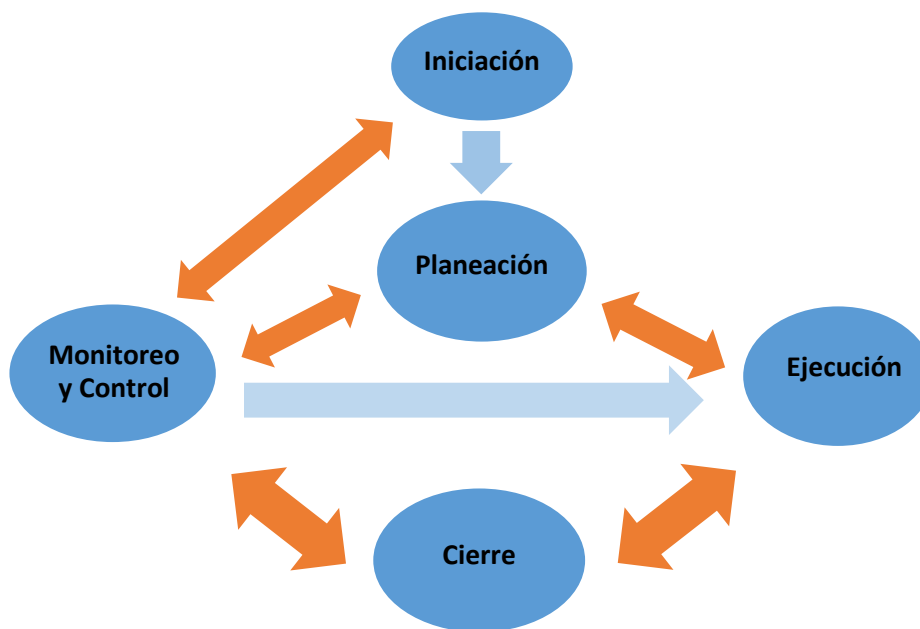


Figura 2.3: Etapas del ciclo de vida de un proyecto.
Fuente: Heldman, K., 2004, pág.12.

2.4 Grupo de procesos del ciclo de vida de un proyecto

Un proceso es un grupo de acciones y actividades relacionadas entre sí para obtener un producto, resultado o servicio predefinido. Los procesos se caracterizan por tener entradas, herramientas y por las salidas que se obtienen. Las entradas representan los requisitos y requerimientos a cumplir para que un proceso inicie, las herramientas facilitan el resultado a obtener y las salidas pueden ser entradas de otros procesos (PMI, 2013, p.38).

En el cuadro 2.1 se puede observar un resumen de los objetivos y resultados principales que se esperan de los principales grupos de procesos dentro del ciclo de vida.

Cuadro 2.1: Resumen de los principales grupos de procesos.

Grupo de procesos	Objetivo	Resultado
Iniciación	Autorización del proyecto.	Acta de Constitución
Planeación	Planeación y calendarización del trabajo a desarrollarse en el proyecto.	Plan de gestión de proyectos.
Ejecución	Realizar las actividades necesarias para ejecutar el proyecto.	Entregables del proyecto.
Cierre	Cierre formal del proyecto.	Aceptación del proyecto, cierre de contratos, documentación de lecciones aprendidas, entre otros.
Monitoreo y control	Monitoreo del progreso del proyecto para identificar variaciones en las líneas bases y realizar los cambios necesarios y corregirlos.	Peticiones de cambios y recomendaciones para acciones preventivas y correctivas.

Fuente: Sanghera, P., 2009, pág.13.

2.4.1 Grupo de procesos y sus respectivas áreas de conocimiento.

El PMBoK® propone un modelo de dirección de proyectos que contempla cuarenta y siete procesos, y distribuidos en diez áreas de conocimiento. A continuación se detallará cada una de estas áreas.

- **Gestión de la integración:** Contempla los procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de la administración de proyectos dentro de todos los cinco grupos de procesos.
- **Gestión del alcance:** Los procesos de gestión del alcance se llevan a cabo en la planificación y en el seguimiento y control. Incluye los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya solamente el trabajo requerido para completar el proyecto con éxito.
- **Gestión del tiempo:** Incluye los procesos necesarios para administrar de manera eficiente el cronograma del proyecto. Sus procesos pertenecen al grupo de planificación y seguimiento.
- **Gestión del costo:** Al igual que en las dos áreas anteriores, estos procesos se llevan a cabo solamente en las etapas de planificación y seguimiento. Involucra las actividades necesarias para administrar y controlar el presupuesto del proyecto.
- **Gestión de calidad:** Incluye los procesos de planificación, aseguramiento durante la ejecución y el control de calidad del proyecto.
- **Gestión de recursos humanos:** Incluye los procesos que permiten organizar, gestionar y conducir el equipo de proyecto, conformado por aquellas personas asignadas con roles y responsabilidades para completar el proyecto.
- **Gestión de comunicaciones:** La gestión de las comunicaciones parte de la identificación de los interesados realizada en el inicio del proyecto. Consta de tres procesos: planificación, gestión y control de las comunicaciones. En el proceso de planificación se crea la matriz de las comunicaciones, en el proceso de ejecución se distribuye la información y se gestiona los interesados y en el proceso de seguimiento se informa el desempeño de la comunicación entre los interesados.

- Gestión de riesgos: Incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis y la planificación de respuesta a los riesgos.
- Gestión de las adquisiciones: Se planifica que adquisiciones se desean, se adquieren, se utilizan de forma efectiva y se formaliza el cierre de las adquisiciones exitosas.
- Gestión de los interesados: Contempla los procesos para identificar a los individuos que pueden ser impactados con el proyecto y desarrolla un plan de gestión efectiva que permita a los interesados tomar decisiones en los proyectos.

Estas áreas de conocimiento se intercomunican con los grupos de procesos mencionados anteriormente. En el cuadro 2.2 se puede observar la relación que tiene cada área de conocimiento con los grupos de procesos.

Cuadro 2.2: Integración de procesos y áreas de conocimiento.

Áreas de conocimiento	Iniciación	Planificación	Ejecución	Seguimiento y control	Cierre
Integración	X	X	X	X	X
Alcance		X		X	
Tiempo		X		X	
Costo		X		X	
Calidad		X	X	X	
Recursos Humanos		X	X		
Comunicación		X	X	X	
Riesgos		X		X	
Adquisiciones		X	X	X	X
Interesados	X	X	X	X	

Fuente: PMI, 2013, pág.61.

2.5 Formulación y evaluación de proyectos

A continuación se mencionaran los conceptos utilizados para realizar la evaluación financiera del proyecto. El objetivo de estas técnicas de análisis es estimar la viabilidad del proyecto en términos financieros.

2.5.1 Inversión inicial

La Inversión Inicial es la salida de efectivo relevante para un proyecto propuesto en tiempo cero (Gitman, 2007, pág. 322).

2.5.2 Flujo de efectivo

Se conoce como flujo de efectivo al estado de cuenta que refleja la cantidad de efectivo que conserva la empresa después de los gastos, los intereses y el pago al capital. Es el enfoque principal de la administración financiera y su objetivo es cumplir con las obligaciones de la empresa y generar un flujo efectivo positivo para sus propietarios (Gitman, 2007, pág. 92).

2.5.3 Técnicas de evaluación financiera de proyecto

Para evaluar la factibilidad financiera del proyecto se utilizaron las siguientes técnicas de análisis que consideraron el valor del dinero en el tiempo.

2.5.3.1 Periodo de recuperación.

El periodo de recuperación (PR) de un proyecto se obtiene al contar el número de años que pasarán antes de que la acumulación del flujo de efectivo pronosticado sea igual a la inversión inicial (Breasley y Myers, 2010, pág. 120).

2.5.3.2 Valor Actual Neto.

El Valor Actual Neto (VAN) toma en cuenta en forma explícita el valor temporal del dinero. Se calcula restando la inversión inicial de un proyecto desde su valor presente a un número de flujos

de efectivo futuros, descontadas a una tasa equivalente al costo de capital de la empresa (Gitman, 2007, pág. 357).

Los proyectos seleccionados son aquellos que poseen un VAN mayor a cero, esto significa que se recupera la inversión y un monto adicional.

2.5.3.3 Índice de deseabilidad.

El Índice de deseabilidad (ID) es un mecanismo auxiliar del VAN, se define como la sumatoria de flujos de fondos generados por el proyecto descontados al tiempo cero a la tasa del costo capital, dividido entre la inversión neta. Para que sea deseable un proyecto, el ID tiene que ser mayor o igual a 1, esto significa que se recupera la inversión y un monto adicional.

2.5.3.4 Tasa Interna de Retorno.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) representa el costo al vencimiento de los flujos de efectivo relacionados con la deuda. El costo al vencimiento se calcula mediante una técnica de ensayo y error utilizando una calculadora financiera o una hoja de cálculo electrónica. Se seleccionan los proyectos con mayor TIR, ya que con esto la empresa gana más que el rendimiento requerido (Gitman, 2007, pág. 407).

2.6 Ingeniería de sistemas

La ingeniería de sistemas es un enfoque multidisciplinario para la realización exitosa de sistemas. Se centra en la definición de las necesidades del cliente y la funcionalidad requerida temprano en el ciclo de desarrollo, se documentan los requisitos y, a continuación, se procede con la síntesis de diseño y validación del sistema (INCOSE, 2015, pág. 7).

El diseño y construcción de una máquina liofilizadora requiere de conocimientos de múltiples ramas de la ingeniería y de cumplir con requerimientos funcionales de los cuales la empresa no tiene historial alguno en su desarrollo. Durante la investigación realizada fue necesario introducir procesos de levantamiento y traducción de requisitos en actividades que pudieran ser entendidos para los ejecutores del proyecto debido a la complejidad del mismo. Para el planeamiento del

alcanse se decidió implementar las actividades siguiendo el enfoque de la ingeniería de sistemas para poder definir los paquetes de trabajo necesarios para que el desarrollo del producto sea exitoso.

A continuación se muestran los conceptos fundamentales de la ingeniería de sistemas.

2.6.1 Sistemas

Se puede considerar al sistema como un conjunto de elementos que interactúan entre sí. Los elementos de un sistema pueden ser conceptos de ideales representados en forma simbólica o objetos reales. (SEBoK, 2014, pág. 71).

De acuerdo a la guía metodológica del SEBoK, se definen tres formas de ingeniería de sistemas:

- Ingeniería de sistemas del producto: Es la ingeniería de sistemas tradicionales centrados en el diseño de sistemas físicos que sean consistentes en hardware y software.
- Ingeniería de sistemas de empresa: Ingeniería encargada de alcanzar logros de negocios u objetivos empresariales.
- Ingeniería de sistemas de servicios: Ingeniería relacionada con el desarrollo de proyectos relacionados con servicios que pueda darle beneficios a una persona u organización.

El diseño y construcción de una máquina liofilizadora calza en un proyecto de Ingeniería de Sistemas del Producto.

2.6.2 Ingeniero en sistemas

El ingeniero en sistemas trabaja en un campo multidisciplinario de ingeniería, enfocado en diseñar y gestionar complejos proyectos de ingeniería durante su respectivo ciclo de vida. Entre las funciones principales de un ingeniero en sistemas se encuentran la recopilación y traducción de las necesidades del cliente en especificaciones que puedan ser implementadas por los ingenieros de ejecución del proyecto. (SEBoK, 2014, pág. 14).

2.6.3 Ciclo de vida en ingeniería de sistemas

En el cuadro 2.3 se muestra el ciclo de vida completo que sigue un proyecto según la ingeniería de sistemas y una breve descripción sobre los objetivos en cada etapa. Para el caso específico del proyecto del plan de gestión se trabajará en las primeras dos etapas (investigación/exploración y concepto) y los primeros 2 objetivos de la tercera etapa (desarrollo). Los demás objetivos contemplan etapas de construcción y ejecución, actividades que no abarcan el alcance de este proyecto final de graduación.

Cuadro 2.3: Ciclo de vida en ingeniería de sistemas.

Etapas del Ciclo de Vida	Objetivos
Investigación y Exploración	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las necesidades del interesado. • Explorar ideas y tecnologías
Concepto	<ul style="list-style-type: none"> • Definir las necesidades de los interesados. • Explorar la viabilidad del concepto. • Proponer posibles soluciones
Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Definir los requerimientos del sistema. • Crear la descripción de la solución. • Verificar y validar el sistema. • Construir el sistema.
Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Producir los sistemas • Inspeccionar y verificar.
Utilización	<ul style="list-style-type: none"> • Demostración del sistema funcional a los operarios.
Soporte	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar soporte para el sistema desarrollado.
Retiro	<ul style="list-style-type: none"> • Guardar, archivar o deshacerse del sistema.

Fuente: INCOSE, 2015, pág. 25.

2.6.4 Grupo de procesos del ciclo de vida en ingeniería de sistemas.

Según INCOSE, los principales grupos de procesos de la metodología son: los técnicos, los de proyecto, los de acuerdo, organizacionales y de adaptación. En el cuadro 2.4 se aprecian los procesos que abarca cada grupo.

Cuadro 2.4: Grupo de procesos en ingeniería de sistemas.

Grupo	Procesos
Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de Requerimientos. • Análisis de Requerimientos. • Diseño de Arquitectura. • Implementación. • Integración. • Verificación. • Transición. • Validación. • Operación. • Mantenimiento. • Eliminación.
Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Proyecto. • Control y Seguimiento. • Gestión de Decisiones. • Gestión de Riesgos. • Gestión de Configuración. • Gestión de Comunicaciones. • Medición.
Acuerdo	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Adquisiciones. • Plan de Suministros.
Organizacional	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión del Ciclo de Vida. • Gestión de Infraestructura. • Gestión del Portafolio. • Gestión de Recursos Humanos. • Gestión de Calidad.
Adaptación.	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Adaptación.

En el cuadro anterior se puede observar que existen planes y procesos muy similares a los mostrados en el PMBoK. El grupo de proceso que marca la diferencia es el técnico, el cual tiene actividades que se enfocan más en la definición, diseño y validación del producto.

Los procesos utilizados en la investigación para definir el plan del alcance del proyecto están dentro del grupo técnico y son los siguientes: definición de requerimientos y análisis de requerimientos.

2.6.4.1 Definición de requerimientos.

Los requisitos de los interesados gobiernan el desarrollo del sistema y son un factor esencial en la definición o aclaración del alcance. Si una organización desea el desarrollo exitoso de un sistema, este proceso constituye la base para la descripción técnica de los entregables en un acuerdo (INCOSE, 2015, pág. 57).

La matriz de necesidad y requerimiento permite relacionar las necesidades de negocio de la empresa con un requerimiento, esto ayuda a entender cuáles son las razones por las cuales el requisito existe.

En el cuadro 2.5 se puede observar un resumen de los documentos de entrada, las actividades a realizar y las salidas que se realizan durante el proceso que permite definir los requerimientos del interesado.

Cuadro 2.5: Proceso para la definición de requisitos.

Entradas	Actividades	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> • Necesidades de los interesados. • Acta de Constitución del Proyecto. • Marco teórico del producto 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir los requerimientos de los interesados. • Analizar las necesidades del cliente 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentación de la Lista de Requerimientos. • Matriz de Necesidad y Requerimiento.

Fuente: INCOSE, 2015, pág. 57.

2.6.4.2 Análisis de requerimientos.

El propósito del análisis de requerimientos es el de transformar los servicios que desea el cliente basados en requerimientos a servicios basados en conceptos técnicos que los ejecutores del proyecto puedan desarrollar (INCOSE, 2015, pág. 57).

En el cuadro 2.6 se puede observar un resumen de los documentos de entrada, las actividades a realizar y las salidas que se realizan durante el proceso que permite el análisis de los requerimientos.

Las interfaces funcionales nos permiten agrupar cada requerimiento en un grupo de subsistemas para determinar la disciplina o modulo al que pertenecen.

Las especificaciones del sistema se deben de definir con la ayuda de documentación teórica y de un juicio experto en cada disciplina que pueda traducir los requerimientos en especificaciones que requiera el producto. Una de las principales salidas del proceso es el árbol de especificaciones, un ejemplo de esta representación se puede observar en la figura 2.4, el árbol permite mostrar jerárquicamente un grupo de especificaciones de un sistema en desarrollo. Esta actividad influye directamente en el diseño del sistema ya que determina cuales objetos van a ser comprados y cuáles serán desarrollados o son de servicio. En cada nodo del árbol puede existir una especificación o un subsistema de especificaciones. Al identificar cada elemento, es necesario considerarlo desde el punto de vista de diseño/adquisición y de validación El árbol jerárquico puede variar durante

otras etapas del ciclo de vida del proyecto ya que pueden surgir cambios de requerimientos durante la ejecución.

Cuadro 2.6: Proceso para análisis de requisitos.

Entradas	Actividades	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> • Documentación de la Lista de Requerimientos. • Matriz de Trazabilidad de Requisitos. • Marco teórico del producto 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir y Analizar los Requerimientos Funcionales del Sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interfaces Funcionales. • Funciones del Sistema. • Especificaciones del Sistema. • Árbol de especificaciones.

Fuente: INCOSE, 2015, pág. 73.

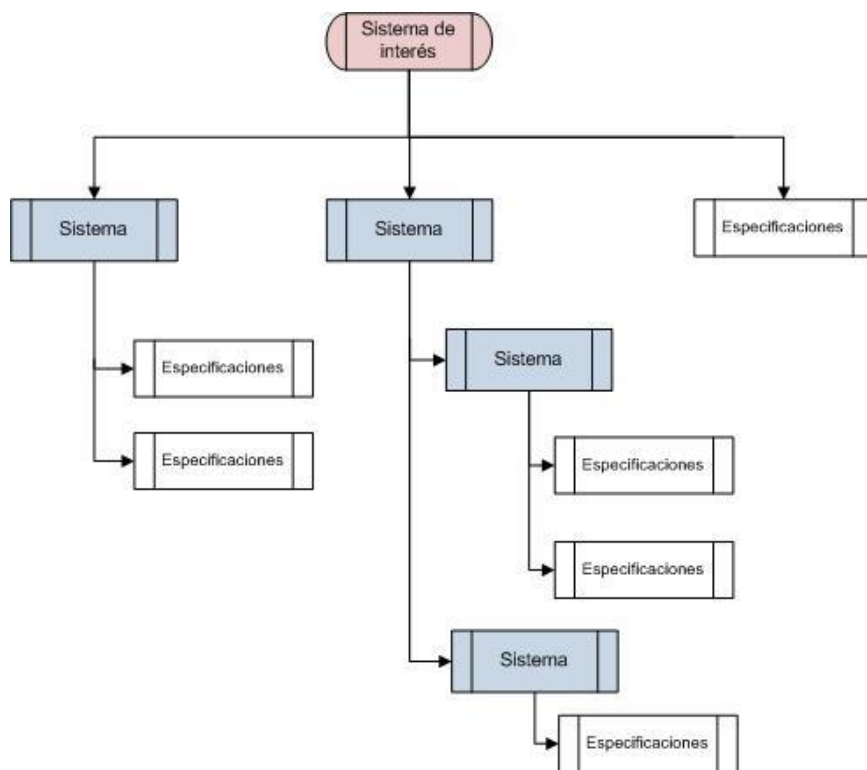


Figura 2.4: Ejemplo de Árbol de Especificaciones.

2.7 Liofilización

La liofilización es un proceso de deshidratación de productos en baja presión (vacío) y con temperatura moderada. En la liofilización no ocurre la evaporación del agua a partir del estado líquido - normal en procesos de secados - sino la sublimación del hielo. Por este motivo los productos deben permanecer congelados durante el secado. La liofilización es un conjunto de procesos – no solo el secado – y en ello el material resultante se presentará seco, pero con todas las características del producto original - forma, color, aroma, sabor y textura estarán preservados en el producto seco. Eso diferencia y destaca el proceso de liofilización de los otros utilizados en deshidrataciones (Terroni 2015, pág. 1).

La liofilización se considera como el proceso más noble de conservación de producto biológico conocido, porque aúna los dos métodos más fiables de conservación, la congelación y la deshidratación. Sin conservantes o productos químicos, es el proceso más adecuado para preservar células, enzimas, vacunas, virus, levaduras, sueros, derivados sanguíneos, algas, así como frutas, vegetales, carnes, peces y alimentos en general. En este proceso de secado los productos obtenidos no se ven alterados en sus propiedades y se rehidratan fácilmente (Navas, R., 2006, pág. 1).

Una máquina liofilizadora debe de ser capaz de realizar los siguientes procesos básicos de la liofilización:

- Congelación y acondicionamiento del producto a bajas temperaturas.
- Secado por sublimación del hielo (o del solvente congelado) del producto congelado a muy baja presión.
- Almacenamiento del producto seco en condiciones controladas.

3 Capítulo III: Marco metodológico

En este capítulo se definen algunos conceptos de investigación y las fuentes de información utilizadas en el proyecto. Finalmente, se detallará cómo se procesaron y analizaron tanto la información, como los datos obtenidos para el trabajo de investigación y que sustentan la propuesta final.

3.1 Tipo de investigación

Una investigación se conoce como el conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican a la resolución de un fenómeno o problema. (Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Del Pilar Batista, .M, 2010, pág. 4).

El tipo de investigación realizado en el presente trabajo es considerado del tipo aplicado con componentes descriptivos.

Este trabajo de investigación es de carácter aplicado, ya que su finalidad es la resolución del problema planteado por medio de la toma de decisiones que permitan la mejora continua en el producto o proceso a investigar. Se considera también como una investigación descriptiva, ya que uno de sus objetivos es exponer la situación actual de la organización en estudio, con el fin de identificar aquellas características y factores que influyen en la forma de administrar los proyectos, con la meta de reconocer las áreas de oportunidad, las cuales serán resueltas y administradas por medio de la creación de los planes de gestión necesarios para el desarrollo del proyecto.

3.2 Fuentes y sujetos de información

Las fuentes y sujetos de información pueden variar según el objetivo, grupo de proceso de la administración de proyectos y áreas de conocimiento que se estén desarrollando. A continuación se muestra una lista de los sujetos y fuentes de información involucrados en la investigación.

3.3 Fuentes de información primaria

Las fuentes primarias son aquellas que se obtienen por medio de la investigación bibliográfica o revisión de la literatura y proporcionan información de primera mano (Hernández, S., Fernández, C. & Baptista, L, 2006).

Entre las principales fuentes de información primaria utilizadas se encuentran las fuentes bibliográficas de reconocidos autores en materia de administración de proyectos. Estos autores se enumeran entre las referencias bibliográficas de este documento.

3.4 Fuentes de información secundaria

En la investigación se utilizaron las siguientes fuentes de información secundarias como referencias y formatos utilizados en proyectos de graduación:

- Trabajos finales de graduación en la Maestría en Gerencia de Proyectos. Entre los cuales se destacan:
 - Wong, Alexander. (2013). Estándar para la Gestión de Proyectos del Colegio Universitario de Cartago. Costa Rica.
 - Muños, J., Muños, G. (2013). *Plan de Gestión para la Construcción de la Tubería de Conducción*. Costa Rica.
 - Fernández, D., Gómez, N. (2013). *Plan de Gestión y Propuesta Metodológica para Mejorar el Porcentaje de Ejecución de Proyectos en la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos*. Costa Rica.

3.5 Sujetos información

Se consideran como sujetos de información cuando el informante es una persona física. Los ingenieros consultores trabajan en Componentes Intel de Costa Rica y fueron elegidos debido a sus conocimientos en un área de interés determinado para el proyecto. El nombre de los involucrados en el proyecto y su área de especialidad se puede observar el apéndice 16.

3.6 Técnicas de información

Para llevar a cabo este proyecto se estableció la utilización de diversas técnicas de investigación, las cuales se detallan a continuación:

3.6.1 Entrevista

La entrevista se define como una reunión para intercambiar información entre el entrevistador y el entrevistado u otros entrevistados (Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista Lucio, 2006, p.597).

Esta herramienta se aplicó al ingeniero de proyectos de la empresa para conocer la situación actual de la empresa en materia de gerencia de proyectos. En el Apéndice 1, se puede ver la plantilla con las preguntas utilizadas en la entrevista.

3.6.2 Revisión documental

La revisión documental se refiere a recopilar y revisar los activos utilizados en la organización relacionados con la gestión de proyectos en la empresa, de esta manera se puede observar la forma en que manejan actualmente los proyectos y sus respectivos procesos.

3.6.3 Lista de verificación

La lista de verificación permite identificar aquellos planes o procesos relacionados a la metodología de administración de proyectos que posee la empresa en la actualidad o que puede necesitar a futuro.

3.6.4 Juicio de experto

Para el diseño preliminar del producto, se definieron cuatro áreas de interés: química, eléctrica, mecánica y electrónica. Se decidió realizar consultorías con expertos en cada una de las áreas mencionadas, para que puedan colaborar con información relevante que ayude en el desarrollo de los planes subsidiarios.

3.7 Presentación formal de la investigación

Al final de la investigación se realizará una presentación del proyecto y la entrega del plan de gestión a los miembros administrativos de la empresa para validar el trabajo de la investigación y la solución propuesta.

3.7.1 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de los datos se inició con la recolección y su posterior análisis. La recolección de la información se centró en recibir datos obtenidos a partir de las herramientas propuestas anteriormente y luego se les aplicó su respectivo análisis de resultados.

En esta sección se detallan en los cuadros 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4, las técnicas de investigación y la forma en que se analizaron los datos con respecto a cada uno de los objetivos específicos del proyecto.

Cuadro 3.1: Análisis del primer objetivo utilizando técnicas de investigación.

Objetivo	Técnica de Investigación.	Análisis y Procesamiento de Datos
<p>Analizar la situación actual de los procedimientos de administración de proyectos de la empresa ATECSA con el fin de identificar los activos de procesos que pudieran ser utilizados en el desarrollo del plan de proyecto de desarrollo de la máquina liofilizadora.</p>	<p>Entrevista a los sujetos de información.</p>	<p>Se aplicó una entrevista al ingeniero de proyectos para determinar los conocimientos actuales que tiene relacionado a conceptos generales en la administración de proyectos. La información obtenida se analizó para identificar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El nivel de conocimiento que tienen en la empresa los involucrados con el tema de Gestión de Proyectos. • Identificación general de los procesos y áreas de conocimiento en la organización que pueda tener documentación de importancia relacionada a proyectos. <p>En el Apéndice 1 se incluyen las preguntas realizadas en la entrevista. Las respuestas fueron tabuladas y utilizadas para la toma de decisiones y en la elaboración de los procesos y herramientas necesarias en el proyecto.</p>

Cuadro 3.2: Análisis del segundo objetivo utilizando técnicas de investigación.

Objetivo	Técnica de Investigación.	Análisis y Procesamiento de Datos
<p>Analizar los casos de compra y diseño de una liofilizadora en el país mediante una evaluación financiera para justificar la viabilidad del proyecto en términos financieros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevista. • Revisión documental 	<p>Se obtuvieron datos financieros de la empresa por medio de una entrevista al líder del proyecto y se realizó un análisis de los flujos financieros para los casos de estudio utilizando los fundamentos del marco teórico. El análisis de los resultados fue validado con el juicio experto.</p> <p>En los Apéndices 7 y 8 se incluye los flujos efectivos calculados en la investigación.</p> <p>La información obtenida fue tabulada en el capítulo IV de Análisis de Resultados.</p>

Cuadro 3.3: Análisis del tercer objetivo utilizando técnicas de investigación.

Objetivo	Técnica de Investigación.	Análisis y Procesamiento de Datos
<p>Proponer los planes de gestión del proyecto de diseño y construcción de una máquina liofilizadora con base en el modelo de áreas de conocimiento del PMI®.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Juicio de experto. • Revisión documental. • Entrevista. 	<p>A partir de los resultados de la entrevista, se hicieron las propuestas de los planes según el área de conocimiento correspondiente.</p> <p>Para el desarrollo de cada plan se consideró documentación histórica de la empresa, la metodología del PMI en gestión de proyectos y la lista de requerimientos mostrada en el Apéndice 4.</p> <p>Para definir el plan de alcance del proyecto se realizaron reuniones de consultoría con ingenieros en las ramas eléctrica y mecánica para aplicar el proceso de Ingeniería de Sistemas y obtener las Especificaciones del Sistema las cuales fueron utilizadas para desarrollar la EDT.</p> <p>La información obtenida fue tabulada en el capítulo V de Implementación del Plan de Gestión.</p>

Cuadro 3.4: Análisis del cuarto objetivo utilizando técnicas de investigación.

Objetivo	Técnica de Investigación.	Análisis y Procesamiento de Datos
<p>Diseñar las herramientas que complementen cada uno de los planes subsidiarios utilizados en el plan de gestión del proyecto de diseño y construcción de una maquina liofilizadora.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión documental. • Lista de verificación. 	<p>Se realizó una revisión documental a partir de las áreas de conocimiento y procesos relacionados a la gestión de proyectos históricos que ha tenido la empresa y se utilizó una lista de verificación de procesos para poder determinar cuáles procesos según la guía metodológica propuesta por el PMI, cuenta en la actualidad la empresa.</p> <p>En el Apéndice 3 se incluye una lista de verificación de procesos utilizada en la investigación. Como resultado de dicha lista, la empresa no posee ninguna plantilla o proceso estándar para la gestión de proyectos por lo que el administrador de proyectos creo procesos y aplicó herramientas nuevas para complementar los planes subsidiarios del proyecto.</p>

4 Capítulo IV: Análisis de resultados

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos a partir de las entrevistas acerca de la situación actual de la empresa y del estudio de factibilidad requerido para determinar si el proyecto es viable o no desde el punto de vista financiero.

4.1 Situación actual de la empresa

Se aplicó la entrevista mostrado en el apéndice 1 al líder del proyecto, el Ing. Diego Robles para conocer la situación actual de la empresa.

En ATECSA no existe una metodología de administración de proyectos, el ingeniero de proyectos posee un diplomado en gestión de proyectos y posee conocimientos básicos en el área de gerencia de proyectos y su ciclo de vida pero no se encuentra aplicando ninguno de los procesos que pertenezcan a las áreas de conocimiento descritas en el PMBoK® debido al tipo de negocio que propone la empresa.

En la empresa no se manejan proyectos en el día a día. Su principal fuente de ingresos es la manufactura y venta de productos alimenticios. Los pocos proyectos que se han llevado a cabo son de compra de equipo. Debido a que su complejidad es baja, no existen procesos o plantillas estandarizadas para los proyectos de adquisición. El diseño de una máquina liofilizadora será su primer proyecto multidisciplinario, la dificultad de su implementación y la falta de experiencia del equipo de trabajo incrementan el riesgo del proyecto. El líder del proyecto propone la necesidad de establecer un plan de gestión del proyecto que integre los planes subsidiarios necesarios para lograr el alcance de los requerimientos funcionales propuestos. Utilizando la lista de verificación del apéndice 2, se comprueba que la empresa no posee ninguno de los procesos establecidos según la guía del PMBoK® para administrar exitosamente un proyecto. Consultado al líder del proyecto sobre cuáles áreas de conocimiento considera clave para este tipo de proyectos, se estableció que las áreas de integración, alcance, costo, tiempo, calidad, riesgo, recursos humanos, comunicaciones y adquisiciones son vitales para cumplir con los requisitos funcionales del

sistema, por lo cual se considera necesario desarrollar para cada una de ellas, sus respectivos planes, procesos y plantillas.

4.2 Factibilidad Técnica

Antes de realizar un análisis más detallado, se hizo un análisis preliminar de factibilidad técnica a fin de confirmar la posibilidad de desarrollar una máquina liofilizadora con recursos de factible adquisición y con información teórica que demuestre que el diseño es posible.

El diseño de una máquina liofilizadora involucra el cálculo matemático de valores relacionados a parámetros termodinámicos y eléctricos que han sido documentados previamente en bibliografías utilizadas en los campo de ingeniería respectivos. Un estudio preliminar de los componentes que deben ser diseñados, llevó a concluir que los conocimientos y capacidades requeridas para llevar a cabo estos diseños por parte de profesionales accesibles en el país.

La empresa ATECSA utilizará como documentación principal para el desarrollo y diseño de la máquina liofilizadora el proyecto de graduación realizado por Rodolfo Martínez y Oscar Prada para la Universidad de Santander titulado *Diseño y construcción de un liofilizador piloto para el estudio de procesos de deshidratación y conservación de productos agroindustriales mediante secado al vacío*, en el documento se muestra paso a paso los cálculos necesarios tanto del área mecánica como de la eléctrica para realizar una máquina liofilizadora, a partir de ahí se tienen que modificar los parámetros para obtener los requerimientos que desea el cliente para la nueva máquina. Para el área electrónica se necesita hacer un sistema de control de temperatura con interfaz de usuario, el cual es un proyecto típico de laboratorio de control automático que puede realizar cualquier ingeniero en electrónica.

Asimismo, se concluyó que los componentes, el equipo y los servicios de construcción necesarios para el desarrollo de la máquina se pueden conseguir en el país o adquiridos a través de internet.

4.3 Estudio financiero

Una vez confirmada la factibilidad técnica del proyecto, se realizó un estudio financiero para analizar la factibilidad económica del proyecto. Se determinó el valor del VAN, el periodo de recuperación y su índice de deseabilidad utilizando los flujos efectivos calculados para los siguientes casos: una máquina comprada igual a las actuales y para una máquina de diseño propio. Los flujos netos calculados fueron para una estimación a cinco años. Se considera que la idea de financiamiento no es necesaria ya que al aplicarse este método de pago para la inversión inicial de ambos casos (compra y desarrollo) el resultado sería proporcionalmente igual, es decir, el parámetro de financiamiento no muestra una ventaja competitiva para alguno de los casos analizados.

4.3.1 Supuestos del análisis

La investigación desarrollada en este documento es de índole académicos por lo que estudios financieros de mayor profundidad para determinar algunos parámetros fueron obviados por razones de tiempo, a partir del juicio experto del elaborador del informe se realizó el cuadro 4.1 con información de los supuestos y sus respectivas justificaciones.

Cuadro 4.1: Supuestos del estudio financiero.

Supuestos	Justificación
Tasa de impuesto sobre la renta igual a 20%	Los ingresos brutos totales de la empresa son mayores a ¢52.710.000 pero menores a ¢106.026.000.00 y según el Ministerio de Hacienda le corresponde tributar el 20%
Inflación igual a 5,12%	Según el INEC, la inflación acumulada durante el 2014 tuvo un promedio de 5,12%. Se utiliza el mismo valor para los próximos cinco años en que se basó el análisis.
Costo capital igual a 2,14%	Para la inversión inicial, la empresa no depende de acciones ni préstamos para financiarse. La inversión proviene de ahorros propios de la empresa, por lo que se considera al costo capital igual al costo de oportunidad que tendría la empresa si en lugar de utilizarlo en una máquina liofilizadora el dinero estuviese ahorrado en un banco y recibiendo un interés anual del 2,14%.

4.3.2 Insumos de la empresa

En el cuadro 4.2 se puede observar una comparación de los valores estimados por la empresa para los casos de compra y de diseño de maquinaria. Un dato importante a considerar es que a las ventas anuales estimadas que podría generar cada máquina se les redujo el 3% para que el análisis sea más robusto y tener un margen de maniobra por si las ventas no se acercan a lo estimado, el valor de ventas anuales reducidas fue el utilizado para los cálculos de los parámetros financieros. También se consideró que las ventas se mantendrían constantes durante los próximos cinco años y solo variarían por la inflación.

Tabla 4.1: Comparación de insumos para los casos estudiados.

Estimación	Máquina diseñada (₡)	Máquina comprada (₡)	Diferencia
Inversión inicial	19.000.000	11.050.000	+44,7%
Ventas anuales estimadas	36.000.000	28.800.000	+25%
Ventas anuales reducidas	34.920.000	27.936.000	+25%
Gastos de operación	14.941.223	11.683.650	+27,8%
Depreciación	3.200.000	2.210.000	+44,8%

Hay que considerar que los ingenieros asesores utilizados como sujetos de información durante la etapa de planificación, no recibieron ningún tipo de remuneración, debido a que dentro del plan de becas de Intel, al cual pertenece el estudiante que opta por el título de maestría, se declara que no deberá de haber ningún tipo de reembolso económico a las consultas relacionadas a temas de la maestría que se hagan entre colegas y dichas asesorías quedaran a la disponibilidad y accesibilidad del consultado.

Se puede observar que la inversión para diseñar una máquina es superior al caso de comprar una, pero si tomamos en cuenta que las ventas anuales incrementarán con los nuevos requerimientos, se puede considerar que es una inversión de largo plazo. Las ventas anuales son mayores para la máquina diseñada debido a que una de las nuevas características técnicas, documentadas en el acta de constitución del proyecto, se refiere al incremento del 25% en volumen de producción. La depreciación fue calculada para una vida útil de 5 años según las especificaciones del fabricante para la máquina comprada, se utilizó el mismo tiempo para la máquina diseñada.

4.3.3 Factibilidad económica de la compra de una máquina liofilizadora

Los gastos operativos para una máquina comprada se pueden ver en la tabla 4.2; los salarios no fueron incluidos como parte de los gastos de la empresa para la compra de la máquina ya que se mantiene igual que en el caso de su diseño, por lo que a la hora de tomar una decisión comprar/hacer ese rubro no es determinante. Utilizando los supuestos del cuadro 4.1 y los datos de la tabla 4.1 se pueden ver los datos de los flujos efectivos calculados para este caso en el apéndice 7.

Tabla 4.2: Gasto de la empresa con una máquina comprada.

Tipo de Gasto	Gasto (₴)
Costo anual de materia prima y misceláneos por cada máquina	8.100.000
Cobro eléctrico anual	752.400
Mantenimiento anual	3.131.250
Gasto total	11.983.650

Analizando los flujos netos se pudo obtener los parámetros para realizar una evaluación financiera de este caso y cuyos valores están tabulados en la tabla 4.3.

Tabla 4.3: Resumen de parámetros obtenidos del flujo efectivo de una máquina comprada.

Parámetro	Valor
VAN	₡222.126
Periodo de recuperación	4 años
Índice de deseabilidad	1,020

A partir de los datos de la tabla anterior, lo primero que se debe observar es que el VAN es positivo, esto quiere decir que se tendrá ganancias de ₡222.126 por arriba de la rentabilidad exigida. El tiempo para recuperar la inversión es casi de cuatro años. El índice de deseabilidad calculado resulta ser mayor a 1, indicando que el proyecto económicamente es viable y estará generando una ganancia cercana a ₡0,020 por cada ₡1 invertido. Con todos los aspectos analizados se puede concluir que la adquisición de una tercera máquina igual a las actuales puede generar ganancias económicas a la empresa después de cuatro años de haberse realizado la compra.

4.3.4 Factibilidad económica del desarrollo una Máquina Liofilizadora

Los gastos operativos para una máquina desarrollada se pueden ver en la tabla 4.4. Utilizando los supuestos del cuadro 4.1 y los insumos de la tabla 4.1 se pueden ver los datos de los flujos efectivos calculados para este caso en el apéndice 8.

Tabla 4.4: Gasto de la empresa con una máquina diseñada.

Tipo de gasto	Gasto (₡)
Costo anual de materia prima y misceláneos por cada máquina	10.125.000
Cobro eléctrico anual	677.160
Mantenimiento anual	4.139.063
Gasto total	14.941.223

El rubro de costo de materia prima es mayor al mostrado en los gastos de una máquina comprada debido a la capacidad de producción aumentada que se desea en la diseñada. El cobro eléctrico es menor como parte de los requerimientos funcionales del producto. El costo del mantenimiento es mayor ya que aún se tiene que dar mantenimiento a las dos máquinas actuales las cuales tienen garantía del fabricante y también a la diseñada, lo cual significa que el mantenimiento proviene de dos proveedores diferentes

Analizando los flujos netos se pudo obtener los parámetros para realizar una evaluación financiera de este caso y cuyos valores están tabulados en la tabla 4.5.

Tabla 4.5: Resumen de parámetros obtenidos del flujo efectivo de una máquina diseñada.

Parámetro	Valor
VAN	₡8.684.063
Periodo de recuperación	2,9 años
Índice de deseabilidad	1,45

A partir de los datos de la tabla anterior, lo primero que se debe tomar en cuenta es que el VAN es positivo, esto quiere decir que tendrá ganancias de ₡8.684.063 por arriba de la rentabilidad exigida. El tiempo para recuperar la inversión es menor a los tres años. El índice de deseabilidad calculado resulta ser mayor a 1, indicando que el proyecto económicamente es viable y estará generando una ganancia cercana a ₡0,45 por cada ₡1 invertido. La razón por la que el VAN incrementa tanto es debido a la diferencia en la cantidad de producto que va a poder liofilizar en un año con una máquina diseñada en comparación a una comprada, la liofilizadora hecha en el país, tendrá un incremento del 25% de volumen en su recámara, este incremento de producto permite a la empresa estimar en que pueden aumentar sus ventas en comparación a una máquina comprada según los valores mostrados en la tabla 4.1.

En la tabla 4.6 se hace una comparación entre los parámetros de la máquina comprada y la diseñada. De acuerdo a los valores obtenidos se puede concluir que es más eficiente realizar el proyecto de desarrollo de una máquina liofilizadora en lugar de comprar una igual a las actuales en los próximos cinco años siempre que la máquina desarrollada cumpla con las características técnicas requeridas.

Tabla 4.6: Comparación entre los de parámetros obtenidos del flujo efectivo de una máquina comprada y una diseñada.

Parámetro	Máquina Diseñada	Máquina Comprada	Diferencia
VAN	€8.684.063	€222.126	+3806%
PR	2,9años	4 años	-27,5%
Id	1,45	1,02	+29.65%

5 Capítulo V: Implementación del plan de gestión

En el presente capítulo se desarrollará el plan de acción para gestionar el diseño y construcción de una máquina liofilizadora.

Siguiendo la metodología recomendada por el PMI en su Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBoK) y por INCOSE en materia de Ingeniería de Sistemas, se desarrollaron los procesos y herramientas necesarias para conformar un plan de dirección de proyectos junto a sus respectivos planes subsidiarios.

5.1 Plan de integración

El plan de integración del proyecto incluye procesos utilizados para integrar y coordinar las actividades de la dirección del proyecto.

5.1.1 Descripción de alto nivel

El producto final consiste en el diseño y construcción de una máquina liofilizadora que cumpla con los requerimientos de los interesados solicitados en el acta de constitución. La máquina estará conformada por tres áreas principales: eléctrica, electrónica y mecánica. Cada área le corresponderá a un ingeniero (contratista externo a la empresa) que será el encargado de cada uno de los entregables. En la figura 5.2 se puede observar el diagrama de alto nivel del producto, se puede resumir de manera general que la etapa eléctrica tiene como función principal el abastecimiento de electricidad de la fuente de alimentación hacia la máquina, la etapa mecánica cumplirá con las funciones básicas del ciclo de vida de la liofilización (calentamiento, congelamiento, presión y secado) y la etapa electrónica que se encargara del control de las funciones y servirá de interfaz entre el usuario y la máquina. Para mayor detalle de cada una de las funciones y especificaciones del sistema se puede revisar los capítulos 5.3.3 y 5.3.4 respectivamente.

5.1.2 Etapas del ciclo de vida del proyecto

El ciclo de vida utilizado se basa en la información presentada por INCOSE para proyectos desarrollados utilizando la metodología de ingeniería de sistemas y explicado en el cuadro 2.3. En el cuadro 5.1 se muestra la descripción de cada etapa del ciclo vida para el proyecto de la liofilizadora. Las etapas consisten en los diferentes estados del sistema durante su ciclo de vida; algunas etapas pueden traslaparse en el tiempo como por ejemplo la de soporte con la de utilización.

5.1.3 Fases del proyecto

Las fases y los hitos son utilizados en la gestión de proyectos para demostrar el avance del sistema durante las etapas del ciclo de vida del proyecto. Según la ingeniería en sistemas existen tres fases principales: pre-estudio, viabilidad y ejecución. El SEBoK recomienda el uso de la herramienta de toma de decisión al final de cada etapa, esto le permite al administrador de proyectos después de haber analizado los hitos o entregables, tomar alguna de las siguientes decisiones:

- Continuar con la siguiente etapa.
- Mantenerse en la etapa actual.
- Regresar a la etapa anterior.
- Documentar las actividades que no pudieron realizarse y continuarlas en la siguiente etapa.
- Dar por concluido el proyecto.

En el cuadro 5.2 se puede observar los entregables para cada etapa del ciclo de vida y la fase a la que pertenecen.

Cuadro 5.1 : Ciclo de vida del proyecto.

Etapa del ciclo de vida	Descripción
Investigación y Exploración	Etapa realizada inicialmente por el ingeniero de proyectos para determinar la viabilidad técnica del proyecto basado en los requerimientos de la empresa.
Concepto	Basado en la información obtenida en la etapa de investigación y desarrollo, se plantean las posibles soluciones al problema y se determinan las funciones y especificaciones del sistema, a partir de ahí se obtienen los paquetes de trabajo para la EDT. Se realizan los planes necesarios para gestionar el proyecto de manera exitosa.
Desarrollo	Los recursos externos contratados revisarán el plan del alcance, propondrán los cambios necesarios y empezaran a ejecutar las actividades de diseño (cálculos, programación y diseño de infraestructura).
Producción	Los recursos continuarán con la ejecución de las actividades de construcción y adquisición de material, además deberán demostrar pruebas funcionales de su trabajo, según las pruebas acordadas en el entregable de validación.
Utilización	Con las partes de la máquina totalmente integradas, se iniciará una etapa de operación de la máquina durante un periodo definido por la empresa para determinar si satisfacen los requerimientos del usuario.
Soporte	La empresa deberá de negociar el soporte y mantenimiento que se le dará a la máquina en caso de problemas técnicos.
Retiro	El administrador de proyectos documentará las lecciones aprendidas, archivará toda la información necesaria para el desarrollo de la máquina y cerrará el proyecto.

Cuadro 5.2 : Fases del proyecto.

Fase del proyecto	Etapa del ciclo de vida	Entregable
Pre-estudio	Investigación y Exploración	<ul style="list-style-type: none"> • Documentación de requerimientos. • Información bibliográfica acerca del proyecto a desarrollar.
Viabilidad	Concepto	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de gestión del proyecto.
Ejecución	Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento de los entregables de programación y diseño.
	Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento de los entregables de construcción, adquisición y validación (parte eléctrica y electrónica).
	Utilización	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento con el entregable de validación de máquina final.
	Soporte	<ul style="list-style-type: none"> • Contrato de mantenimiento entre los ingenieros y la empresa.
	Retiro	<ul style="list-style-type: none"> • Documentación y archivo de lecciones aprendidas e información relevante al proyecto.

5.1.4 Desarrollo del acta de constitución del proyecto

El objetivo de este proceso fue la generación de un documento que autorice la realización del proyecto por medio de la documentación de los requisitos iniciales de los interesados. Para la realización del Acta de Constitución se toma en cuenta como insumos la entrevista del Apéndice 1 y 3 y la lista de requerimientos documentada en el Apéndice 4. En el cuadro 5.3 se muestra el

Acta de Constitución realizada para el proyecto y en el Apéndice 6 se puede observar la plantilla utilizada.

Cuadro 5.3: Acta de constitución del proyecto.

CONTROL DE VERSIONES					
Versión	Hecha por	Revisada por	Aprobada por	Fecha	Motivo
0.1	VCC			21-03-2015	Versión original

NOMBRE DEL PROYECTO	SIGLAS DEL PROYECTO
Desarrollo de una Máquina Liofilizadora para la Empresa ATECSA	DMLEA
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:	
<p>El proyecto DMLEA tiene como objetivo general el diseño y construcción de una máquina liofilizadora que cumpla con los requerimientos de producto previamente definidos por la empresa Automatización y Tecnología C.N.C.S.A.</p> <p>El desarrollo del proyecto tendrá los siguientes interesados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gerente General (GG)-> Aprueba la ejecución del proyecto. • Diego Robles (DR)-> Ingeniero líder del proyecto. • Victor Chan Cheng (VCC)-> Encargado de la realización del plan de gestión del proyecto. • Ingenieros Ejecutores (IE)-> Equipo encargado de la ejecución del proyecto. 	

CONTINUACIÓN DE LA DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

La elaboración del plan de gestión debe iniciar a partir del 1 de Enero del 2015 y debe ser aprobado por el gerente general de ATECSA antes del 1 de Julio del 2015.

Ubicación:

El proyecto se llevará a cabo en la empresa ATECSA ubicado en Cristo Rey, San José Costa Rica.

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO DEL PROYECTO:

El entregable final es una máquina que realice el proceso de liofilización para diferentes tipos de frutas, la máquina será diseñada y construida en Costa Rica y deberá de cumplir los requisitos funcionales y estructurales especificados en el levantamiento de requisitos.

La liofilización es un proceso en el que se congela el producto y posteriormente se introduce en una cámara de vacío para realizar la separación del agua por sublimación. De esta manera se elimina el agua desde el estado sólido al gaseoso del ambiente sin pasar por el estado líquido. Para acelerar el proceso se utilizan ciclos de congelación-sublimación con los que se consigue eliminar prácticamente la totalidad del agua libre contenida en el producto original pero preservando la estructura molecular de la sustancia liofilizada.

DEFINICIÓN DE REQUISITOS DEL PROYECTO:

Requisitos Funcionales:

- La máquina diseñada debe de realizar los mismos procesos de liofilización disponibles en las máquinas actuales.
- La máquina diseñada debe de operar en vacío, soportando una presión entre -20 Pa y 20 Pa.
- La máquina liofilizadora debe de tener un sistema de potencia que permita el ahorro de al menos el 10% del consumo eléctrico por mes comparado a las máquinas actuales.
- La máquina diseñada debe de tener una interfaz de usuario similar a la disponible en las máquinas actuales.
- Para liofilizar un lote de 250 paquetes de Kilwó, la máquina diseñada debe de durar un máximo de 2 días en comparación a los 200 paquetes que dura en un mismo periodo de tiempo las máquinas actuales, equivalente a un aumento del 25% de volumen con respecto a la máquina actual.

Requisitos Estructurales:

- Construcción de la estructura externa física para la máquina diseñada debe ser similar a la de las máquinas actuales
- Construcción del compensador para la máquina diseñada debe ser similar a la de las máquinas actuales
- Construcción del sistema de refrigeración para la máquina diseñada debe ser similar a la de las máquinas actuales
- Construcción de la recámara del producto debe de tener las siguientes medidas 2mx1.75mx0.5m.
- Los diseños estructurales deben de ser realizados en un programa de dibujo CAD bajo la modalidad de software libre como Librecad o Sketchup

OBJETIVOS DEL PROYECTO:		
CONCEPTO	OBJETIVOS	CRITERIO DE ÉXITO
1. ALCANCE	Diseño y construcción de una máquina liofilizadora que cumpla con los requerimientos de producto previamente definidas por la empresa Automatización y Tecnología C.N.C.S.A.	Cumplimiento de los entregables definidos en el Plan del Alcance.
2. TIEMPO	El proyecto debe de iniciar en Enero del 2015, el plan del proyecto debe de ser presentado y aprobado para Julio del 2015 por el Gerente General y el proyecto debe de terminar en Enero del 2016.	Cumplir con las fechas de inicio y cierre establecidas.
3. COSTO	El costo del proyecto no debe de superar los ¢19.000.000.	El diseño y construcción de la máquina debe de cumplir con el presupuesto establecido en el Plan de Costos.
FINALIDAD DEL PROYECTO:		
Planificar el diseño y construcción de una máquina liofilizadora para la empresa ATECSA.		

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:	
<p>La empresa ATECSA considera la necesidad de incrementar la cantidad de producción de Kilwó y reducir sus gastos operativos en relación al consumo eléctrico y al mantenimiento de cada máquina como parte de su estrategia para mantenerse competitivos y de expandir la marca de alimentos liofilizados en el mercado local.</p> <p>Una máquina liofilizadora diseñada y construida en Costa Rica y que cumpla con las características técnicas especificadas en la lista de requerimientos permitirá que la empresa pueda alcanzar un 25% de incremento en ventas anuales estimadas para el próximo año.</p>	
<i>JUSTIFICACIÓN CUALITATIVA</i>	<i>JUSTIFICACIÓN CUANTITATIVA</i>
Expansión y crecimiento en el mercado de manera sostenible.	Reducción de 10% del consumo eléctrico por mes comparado a las máquinas actuales
	Incremento del 25% en el volumen del producto
	Tiempo de recuperación de la inversión inicial es de 2.9 años.
	Reducción del costo de mantenimiento al 80% debido a que no se pagan viáticos aéreos y estadía. Mayor disponibilidad debido a que se utilizan técnicos locales.

DESIGNACIÓN DEL PROJECT MANAGER DEL PROYECTO		
<i>NOMBRE</i>	DR	<i>NIVELES DE AUTORIDAD</i>
<i>REPORTA A</i>	GG	Exigir el cumplimiento de los entregables del proyecto.
<i>SUPERVISA A</i>	IE	

CRONOGRAMA DE HITOS DEL PROYECTO	
<i>HITO O EVENTO SIGNIFICATIVO</i>	<i>FECHA PROGRAMADA</i>
Inicio del Proyecto	5 de Enero del 2015
Presentación del Proyecto	1 de Junio del 2015
Inicio de la Adquisición del Equipo de Trabajo	1 de Julio del 2015
Cierre de la Adquisición del Equipo de Trabajo	1 de Septiembre del 2015
Inicio de la Ejecución del Proyecto	2 de Septiembre del 2015
Cierre de la Ejecución del Proyecto	11 de Enero del 2016
Cierre del Proyecto	19 de Enero del 2016

ORGANIZACIONES O GRUPOS ORGANIZACIONALES QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO	
<i>ORGANIZACIÓN O GRUPO ORGANIZACIONAL</i>	<i>ROL QUE DESEMPEÑA</i>
Ingenieros Ejecutores (IE)	Equipo encargado de la ejecución del proyecto.

PRINCIPALES AMENAZAS DEL PROYECTO
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de experiencia de DR como el gerente del proyecto puede causar atrasos, incremento en el costo o cambios del alcance no planificados. Se recomienda agregar un mes de costos en producción como reserva de contingencia • La falta de un adecuado plan de comunicación entre los IE puede causar variaciones en las líneas base. • La mala planificación de las actividades en el EDT puede ocasionar retrasos en el desarrollo del proyecto. • Referirse al Plan de Gestión de Riesgos.
PRINCIPALES OPORTUNIDADES DEL PROYECTO
<ul style="list-style-type: none"> • ATECSA puede encontrar una nueva oportunidad de negocio relacionado a la venta de máquinas liofilizadoras desarrolladas en el país.

PRESUPUESTO PRELIMINAR DEL PROYECTO:	
<i>CONCEPTO</i>	<i>MONTO (C)</i>
<i>TOTAL PRESUPUESTO</i>	18.808.492

SPONSOR QUE AUTORIZA EL PROYECTO			
<i>NOMBRE</i>	<i>EMPRESA</i>	<i>CARGO</i>	<i>FECHA</i>
Alberto Robles	ATECSA	Gerente General	05/01/2015

5.1.5 Plan para la dirección del proyecto

El plan de dirección se actualiza a lo largo de todo el proyecto y sus actualizaciones se gestionan mediante un control integrado de cambios. Para la elaboración del plan para la dirección del proyecto se necesitan dos entradas fundamentales: el acta de constitución del proyecto, que fue desarrollado en el capítulo 5.1.1, y los planes subsidiarios que conforman el plan de gestión del proyecto.

5.1.6 Control integrado de cambios

El control de cambios es un proceso que se realiza desde el inicio hasta la finalización del proyecto. Los proyectos difícilmente se ejecutan de acorde con los planes originalmente desarrollados, debido a los cambios y circunstancias particulares que tiene cada proyecto.

El plan de dirección de proyectos debe mantenerse actualizado mediante una administración adecuada y continua de los cambios, ya sea aprobándolos o rechazándolos, de tal forma que los aprobados sean integrados a cada uno de los planes en los que puedan ser afectados.

5.1.6.1 Procedimiento para solicitudes de cambio.

Para realizar una adecuada solicitud de cambios se debe de llenar el formulario para la solicitud de cambio mostrado en el apéndice 14 y realizar el procedimiento descrito en el diagrama de flujo de la figura 5.1. Se debe de tomar en cuenta que cada cambio solicitado puede alterar las actividades de otro recurso por lo que es importante especificar el código de la actividad que puede ser afectado, de esta manera se hace una reunión en donde se reunirá el administrador de proyectos, el recurso que solicita el cambio y el afectado para determinar un posible arreglo que satisfaga a las tres partes.

5.1.6.2 Monitoreo y control de cambios.

El administrador del proyecto deberá utilizar un registro de cambios para poder monitorear y controlar los cambios solicitados, fechas de inicio y cierre del cambio y su resultado final, esto permitirá darle una mayor trazabilidad a los cambios realizados y su documentación será esencial para demostrar las razones por las que las líneas bases del proyecto se pueden ver afectadas durante la ejecución del proyecto, durante las reuniones de coordinación para ver el avance del proyecto se dedicará un espacio para determinar si hay alguna petición de cambio por parte del equipo de trabajo. El registro de cambios a utilizar se puede observar en el apéndice 15.

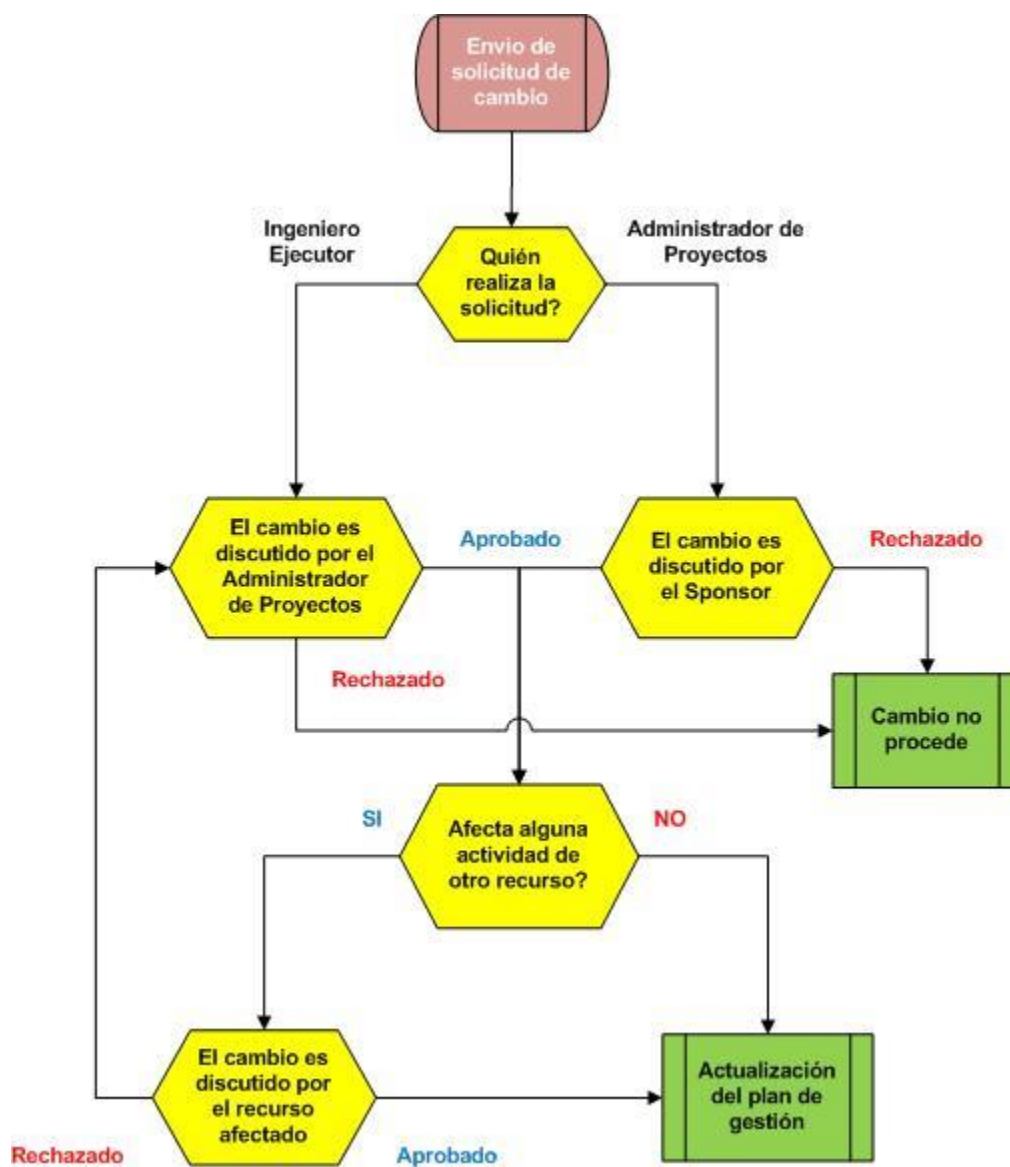


Figura 5.1: Diagrama de flujo para la solicitud de cambio.

5.2 Identificación de los interesados

Este proceso permitió la identificación de las personas, grupos u organizaciones que afectarán alguna decisión, actividad o resultado del proyecto. El resultado de este proceso es la documentación del Registro de los Interesados, este documento incluye la información tanto de identificación como de su nivel interés, poder e impacto en el proyecto y se les califica en una

escala de 0 a 5, siendo 0 el nivel más bajo (ausencia de impacto) y 5 el nivel más alto. Para realizar este análisis se tomó en cuenta el Acta de Constitución y los activos de la empresa. En el cuadro 5.4 se observa el Registro de los Interesados.

Cuadro 5.4: Registro de los interesados del proyecto

CONTROL DE VERSIONES					
Versión	Hecha por	Revisada por	Aprobada por	Fecha	Motivo
0.1	VCC			21-03-2015	Versión original

Interno				
Interesado	Rol	Interés	Poder	Influencia
GG	Patrocinador	5	5	4
Líder del Proyecto	Proveedor de datos e información	5	3	3
Operarios	Usuarios de la máquina	4	2	1
Externo				
Interesado	Rol	Interés	Poder	Influencia
VCC	Realizador del Plan de Gestión	5	0	2
IE	Ejecutan el proyecto	4	2	2

Proveedores/Taller	Proveen materiales y servicios para el desarrollo de la máquina	5	0	0
Técnicos	Ejecutan el proyecto	4	1	1

De acuerdo al cuadro anterior se puede deducir que todos los interesados tienen un interés alto en el proyecto pero solo el Gerente General tiene poder e influencia superior a 3 por lo que la estrategia para su gestión es de una comunicación constante para que pueda remover barreras que puedan retrasar el avance del proyecto. El líder del proyecto posee un nivel de poder e influencia intermedio en la toma de decisiones y los demás interesados tienen un alto interés debido a que el proyecto es una fuente de trabajo para los participantes del equipo de trabajo y de ingresos para los proveedores participantes.

5.3 Plan para la gestión del alcance del proyecto

En este apartado se describe el proceso que fue utilizado para que la documentación del plan de gestión contemplará todos los requisitos, el alcance y las actividades necesarias para cumplir con éxito el proyecto. Para definir este plan fue necesario utilizar los conocimientos en ingeniería de sistemas y aplicar los procesos de definición y análisis de requerimientos para utilizar los documentos de salida generados como insumos para la creación de la estructura de desglose de trabajo (EDT).

5.3.1 Definición de requerimientos del producto

Se realizó una reunión con los interesados internos del proyecto para determinar las necesidades de negocio que tiene el desarrollo de la máquina, se definieron tres necesidades fundamentales: incremento en la producción, reducción de gastos y adaptabilidad. En el cuadro 5.5 se puede observar la relación de cada requerimiento de producto obtenido del apéndice 4 con su respectiva necesidad de negocio, de esta forma se puede afirmar que cada requerimiento tiene una razón de

realizarse basado en las necesidades de la empresa e ignora aquellas tareas que no generan ningún valor agregado a la empresa desde la definición del alcance.

Cuadro 5.5: Cuadro de necesidad y requerimiento

Requerimientos	Necesidad
<ul style="list-style-type: none"> • Operación en vacío, soportando una presión entre -20 Psi y +20 Psi • Para liofilizar un lote de 250 paquetes de Kilwó, la máquina diseñada debe de durar un máximo 2 días. • La máquina diseñada debe ser capaz de producir 25% más de producto liofilizado que lo soportado en las máquinas actuales. • Construcción de la recámara del producto debe de tener las siguientes medidas 2mx1.75mx0.5m. • La temperatura de congelamiento debe de estar alrededor de -56°C a -3.8 °C 	Incremento de Producción
<ul style="list-style-type: none"> • Consumo eléctrico mensual debe ser del 10% menor a la máquina actual. • Construcción de la etapa de potencia para la máquina diseñada. 	Reducción de gastos

Continuación del Cuadro 5.5: Cuadro de necesidad y requerimiento

Requerimientos	Necesidad
<ul style="list-style-type: none"> • Integración de las etapas mecánica, electrónica y eléctrica para formar la estructura física de la máquina liofilizadora diseñada. • Construcción de la interfaz de usuario para la máquina diseñada. • Interfaz de usuario similar a la disponible en las máquinas actuales. • Construcción de la estructura externa física para la máquina diseñada debe ser similar a la de las máquinas actuales. • Construcción del sistema de refrigeración para la máquina diseñada debe ser similar a la de las máquinas actuales. 	Adaptabilidad

El rubro de adaptabilidad se refiere a la necesidad de que la máquina tenga la misma apariencia y funcionamiento para el operario, de esta manera no es necesario un nuevo proceso de entrenamiento para utilizarla o limpiarla.

5.3.2 Análisis de requerimientos del producto

En esta etapa se tomarán en cuenta los requerimientos del producto mostrados en el cuadro 5.5 como insumos para desarrollar los documentos necesarios para traducir los requerimientos técnicos del producto en paquetes de trabajo utilizados en la EDT

5.3.3 Funciones del sistema

A continuación se detalla el funcionamiento de una maquina liofilizadora, la explicación fue dada por el gerente general de ATECSA, Alberto Robles, quien posee un bachillerato en química y tiene una maestría en administración de empresas:

La función principal de la máquina consiste en realizar un proceso de liofilización para la deshidratación y conservación de los productos orgánicos mediante el secado en vacío.

El proceso comienza con la congelación del producto para que puedan generar una red cristalina en su estructura molecular que da lugar a la formación de unos canales por los que el vapor del agua puede escapar. La función de congelación es la base para que el producto liofilizado pueda conservar un aspecto óptimo y tenga una rápida deshidratación.

La máquina debe de llevar al producto congelado a una temperatura por debajo de los -65°F , en ese punto se baja la presión de la cámara mediante una bomba de vacío a un valor por debajo de los -15 Psi. Una vez que se haya logrado el vacío, el sistema realiza la función de calentamiento por medio de unas resistencias industriales para acelerar el proceso de sublimación del producto. La sublimación consiste en el cambio de estado sólido a estado gaseoso de un material sin tener que pasar por el estado líquido.

La siguiente etapa consiste controlar la presión de la cámara a un valor menor a la presión de hielo que hay dentro del producto y a manejar el calor en un rango de temperatura menor al necesario para evaporar el hielo y evitar que el vapor vuelva al producto. Esto se realiza con un sistema electrónico de control automático.

La etapa final se llama secado y comienza cuando ya no existe hielo en el producto, el equipo mantiene la baja presión y eleva la temperatura a una cercana a la del ambiente, el vapor de agua escapa por los canales formados por el congelamiento hasta que la humedad del producto llegue al 2%. La cámara de la máquina se abre y se obtiene un producto que retiene su color y sabor original, no necesita almacenarse en refrigeración y es liviano y fácil de trasladar.

5.3.4 Especificaciones del sistema

Una especificación se conoce como las características, materiales o servicios necesarios para producir componentes destinados a la obtención de algún producto o función.

Las Interfaces Funcionales permiten agrupar las especificaciones del sistema en las funciones anteriormente mencionadas, las interfaces consideradas son: congelación, calentamiento, presión y secado. También se incluye una interfaz denominada infraestructura, la cual consiste en los requerimientos necesarios para que el sistema opere y que no forman parte del proceso de liofilización.

En el cuadro 5.6 se puede observar las especificaciones del sistema agrupadas con su respectiva Interfaz Funcional y también se detalla si la especificación es algo que se puede adquirir o debe ser a diseñado. Se debe tomar en cuenta que las especificaciones mostradas en el trabajo de investigación pueden cambiar durante la ejecución del proyecto lo cual causaría un impacto directo al costo, tiempo y alcance del proyecto y se requieren de múltiples iteraciones durante el ciclo de vida del proyecto para tener las especificaciones finales del producto, por motivos académicos solo se tomará en cuenta la primera iteración de especificaciones.

En la figura 5.2, se muestra un diagrama de bloques de alto nivel de una máquina liofilizadora. El color de cada bloque representa el responsable de su diseño. El color verde representa un componente a ser diseñado por el ingeniero electrónico; el ingeniero mecánico es responsable de los bloques azules y el bloque naranja tiene como responsable al ingeniero eléctrico. El árbol de especificaciones se puede ver en la figura 5.3. El código de colores en cada uno de los objetos se describe a continuación: las interfaces funcionales tienen color azul, las especificaciones de diseño son blancas y las de adquisición son verdes.

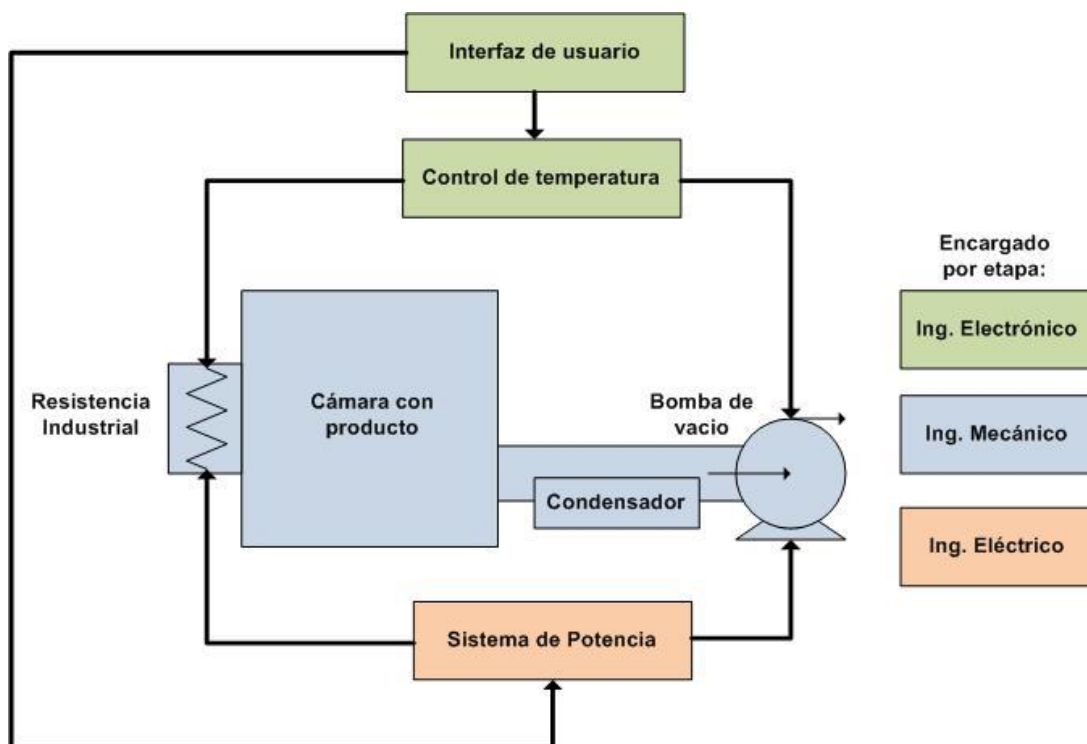


Figura 5.2: Diagrama de alto nivel de una máquina liofilizadora

Cuadro 5.6 : Especificaciones del sistema.

Código	Especificaciones	Adquisición	Interfaz Funcional
ECO1	Condensadores	Si	Congelación
ECO2	Compresores	Si	
ECO3	Etapa de Refrigeración	No	
ECA1	Etapa de Calefacción	No	Calentamiento
ECA2	Control de Temperatura	No	
ECA3	Resistencias Industriales	Si	
EP1	Control de Presión	No	Presión
EP2	Bomba de Vacío	Si	
ES1	Control de Secado	No	Secado
EI1	Etapa de Potencia	No	Infraestructura
EI2	Interfaz de Usuario	No	
EI3	Cámara interna	No	
EI4	Puerta	No	
EI5	Estructura externa	No	
EI6	Bandejas	No	
EI7	Instalación Eléctrica	No	

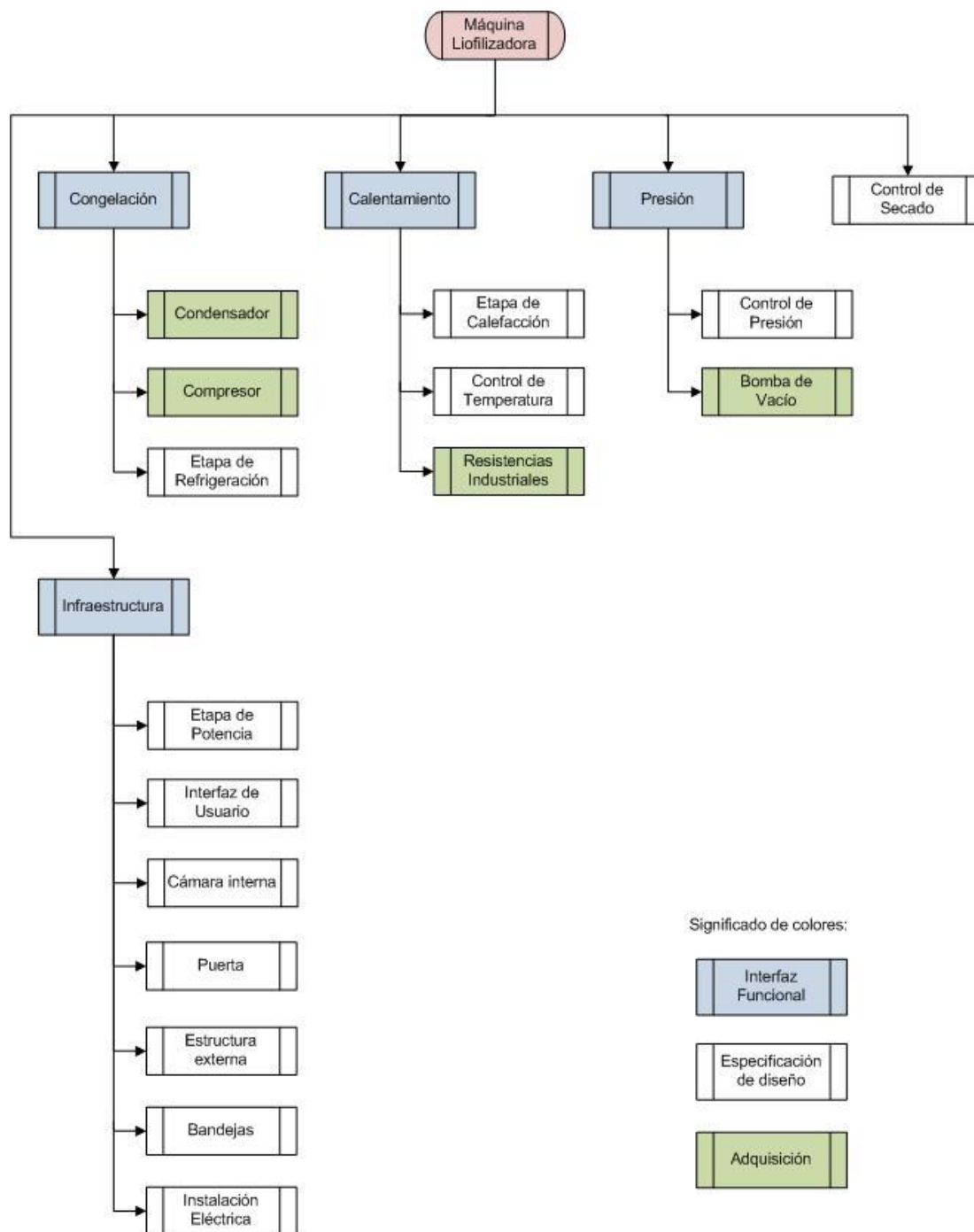


Figura 5.3: Árbol de especificaciones.

A partir de las Especificaciones del Sistema se realiza una descripción de las actividades necesarias para lograr los entregables mencionados. En el cuadro 5.7 se puede observar las actividades que

deben de realizarse para cumplir con las especificaciones propuestas, también se incluyeron las actividades que el Administrador de Proyectos realizará durante el transcurso del proyecto.

Cuadro 5.7: Actividades del proyecto

Código	Actividades	Especificación
D101	Cálculos de Temperatura	Etapa de Refrigeración
D102	Cálculos del Condensador	
D103	Cálculos del Compresor	
A101	Adquisición de Condensador	Condensador
A201	Adquisición de Compresor	Compresor
D201	Cálculos de la Resistencia	Etapa de Calefacción
D202	Cálculos del calor en la estructura	
D301	Modelado del Sistema	Control de Temperatura
P101	Programación del sistema de control de temperatura en un microcontrolador	
A301	Adquisición de Resistencias	Resistencias Industriales

Continuación del Cuadro 5.7: Actividades del proyecto

Código	Actividades	Especificación
P201	Programación del sistema de control de presión en un microcontrolador	Control de Presión
A401	Adquisición de la Bomba de Vacío	Bomba de Vacío
P301	Programación del sistema de control de secado en un microcontrolador	Control de Secado
D401	Diseño del plano eléctrico de la máquina	Etapa de Potencia
A501	Adquisición de componentes eléctricos	
C101	Construcción de la estructura eléctrica de la máquina	
V101	Validación del funcionamiento de la estructura eléctrica de la máquina	
P401	Programación de la interfaz de usuario	Interfaz de Usuario
A601	Adquisición de un microcontrolador	
A602	Adquisición de un dispositivo para la entrada de datos	
C201	Construcción de un circuito impreso que integre el microcontrolador y la entrada de datos	
V201	Validación del funcionamiento del circuito impreso construido	

Continuación del Cuadro 5.7: Actividades del proyecto

Código	Actividades	Especificación
D501	Diseño de la cámara interna	Cámara interna
C301	Construcción de la cámara interna	
D601	Diseño de la puerta	Puerta
C401	Construcción de la puerta	
D701	Diseño de la estructura externa	Estructura externa
C501	Construcción de la estructura externa	
D801	Diseño de las bandejas	Bandejas
C601	Construcción de las bandejas	
C602	Agregar una nueva rama eléctrica	Instalación Eléctrica
A701	Adquisición de componentes para la instalación	
AP01	Creación del Acta de Constitución del Proyecto	Administración de Proyectos
AP02	Redactar el Plan de Gestión del Proyecto	
AP03	Presentación del Plan de Gestión a gerencia	
AP04	Adquirir al Equipo del Proyecto	
AP05	Reunión de coordinación semanal	

Continuación del Cuadro 5.7: Actividades del proyecto

Código	Actividades	Especificación
AP06	Informe mensual a gerencia sobre situación del proyecto	Administración de Proyectos
	Revisión de entregables	
AP07	Validación del funcionamiento final de la máquina	
V301	Cierre del Proyecto	
AP09		
C701	Ensamblaje de todas las partes mecánicas, eléctricas y electrónicas de la máquina	

5.3.5 Estructura de desglose de trabajo

Para el desarrollo de la EDT, se utilizó como base las actividades definidas en el cuadro 5.7 y se establecieron seis grandes paquetes de trabajo que consistirán en los entregables del proyecto: diseño, adquisiciones, programación, construcción, validación y administrativos.



Figura 5.4: EDT para el plan del alcance del proyecto.

A continuación se describen los cinco entregables principales del proyecto.

- **Administrativo:** Consiste en definir el alcance del proyecto, generar un plan de gestión para el desarrollo de todos los trabajos necesarios, elaborar informes de avance de los trabajos, reuniones con los interesados y lograr el cierre exitoso del proyecto.
- **Adquisición:** Se concentran en las labores relacionadas a la compra de equipo necesario durante la ejecución del proyecto.
- **Construcción:** La idea de las actividades agrupadas en este entregable es la de construir todo el equipo o estructura diseñada exclusivamente para la máquina. El entregable final considera la integración de todas las partes mecánicas, eléctricas y electrónicas del producto y su posterior instalación.
- **Diseño:** Para que el entregable pueda ser cumplido, los ingenieros deben de realizar todos los cálculos matemáticos necesarios para realizar el proceso de liofilización según los

requerimientos del sistema. Los diseños estructurales deben de ser realizados en un programa de dibujo CAD bajo la modalidad de software libre como Librecad o Sketchup.

- Programación: Este paquete es exclusivo para el Ingeniero en Electrónica, consiste en programar el sistema de control y de interfaz de usuario dentro de un microcontrolador.
- Validación: Este entregable inicia cuando el líder del proyecto pruebe que la etapa eléctrica y electrónica funcionen de maneras separadas y termina cuando apruebe las funciones definidas en el análisis de requerimientos ejecutadas en la máquina finalmente ensamblada e instalada.

5.3.6 Diccionario del EDT

El diccionario del EDT mostrado en el Apéndice 18 presenta información que detalla para cada una de las actividades de los paquetes de trabajo definidos en la figura 5.4, una breve descripción, su responsable, código de EDT y el paquete de entregable al cual pertenece.

5.3.7 Control del alcance

Este proceso permite monitorear el estado del alcance del proyecto y gestionar cambios a la línea base del alcance. El administrador de proyectos tendrá que registrar todos los entregables a través de las plantillas de orden de entregable (ver apéndice 12) que cada miembro del equipo documente, esto le permite al gerente de proyectos monitorear el avance de acuerdo a los entregables realizados.

El control integrado de cambios es aplicado cada vez que el alcance del proyecto necesite ser modificado, para cada cambio se deberá utilizar la plantilla de solicitud de cambios del apéndice 14, y seguir el proceso indicado en la figura 5.1.

5.4 Plan de gestión del cronograma

En esta sección se presentan los procesos necesarios para gestionar la secuencia y duración de las actividades y la estimación de los recursos. El resultado final del plan sería el cronograma de las actividades del proyecto generado con Microsoft Project 2010. En el apéndice 6 se puede observar el cronograma desarrollado y se muestran las actividades a partir de la etapa de Ejecución debido a limitaciones del tamaño de la imagen en el documento. La fecha de inicio del proyecto es el 5 de Enero del 2015 con la elaboración del Acta de Constitución y la fecha final con la entrega del producto funcional está estimado para el 19 de Enero del 2016 con la documentación del cierre del proyecto.

5.4.1 Secuenciar las actividades

Utilizando como base las actividades definidas en el cuadro 5.7 y en los entregables de la EDT, se hizo un análisis del orden en que se debería de realizar las actividades. Las primeras acciones que se deben de realizar son los de planeación y contratación de personal, las siguientes actividades deben ser las de diseño y programación, una vez que el diseño haya sido terminado se procede a realizar trabajos de adquisición y construcción de equipo las cuales pueden ser realizadas en paralelo según sea el caso y finalmente se ejecutan las actividades de validación.

Con la ayuda de la herramienta Microsoft Project 2010 se pudo generar la tabla 5.1 la cual muestra el orden de las actividades a realizar para poder cumplir con el alcance del proyecto. En el mismo cuadro se incluye una columna con un número de identificación por actividad que permite entender de cuáles otras precede. Se decidió ignorar las reuniones de coordinación y de reporte ya que son repetitivas y periódicas para enfocarse en las actividades de ejecución y validación.

5.4.2 Estimación de los recursos y duración de las actividades

A partir de la información mostrada en la tabla 5.1 se estimó los recursos y la duración de cada una de las actividades en base al juicio experto del autor de la investigación. En la tabla 5.2 se puede observar los datos obtenidos.

Los recursos contratados para realizar las actividades son los siguientes:

- Ingeniero Eléctrico
- Ingeniero Mecánico
- Ingeniero Electrónico
- Administrador de Proyectos
- Taller de Precisión para que construya la estructura metálica
- Empresa PCB dedicada a la construcción de circuitos impresos
- Técnico eléctrico para que agregue una nueva rama eléctrica reservada para la maquina diseñada

Tabla 5.1: Secuencia de actividades

Orden de la actividad	ID	Actividades	Actividad predecesora basado en el ID
0	3	Inicio	
1	5	Creación del acta de constitución del proyecto	3

Continuación de la tabla 5.1: Secuencia de actividades

Orden de la actividad	ID	Actividades	Actividad predecesora basado en el ID
2	6	Redactar el plan de gestión del proyecto	5
3	7	Presentación del plan de gestión a gerencia	6
4	8	Adquirir al equipo del proyecto	7
5	36	Cálculos de temperatura	8
6	37	Diseño del plano eléctrico de la máquina	8
7	38	Cálculos del condensador	36
8	39	Cálculos del compresor	38
9	40	Cálculos de la resistencia	39
10	41	Cálculos del calor en la estructura	40
11	42	Modelado del sistema	36,38,39,40,41
12	48	Adquisición de componentes eléctricos	37

Continuación de la tabla 5.1: Secuencia de actividades

Orden de la actividad	ID	Actividades	Actividad predecesora basado en el ID
13	49	Adquisición de condensador	36,38,39,40,41
14	50	Adquisición de compresor	49
15	51	Adquisición de resistencias	50
16	59	Construcción de estructura eléctrica de la máquina	48
17	52	Adquisición de bomba de vacío	51
18	53	Envío y recibo de componentes mecánicos	52
19	43	Diseño de la cámara interna	52
20	44	Diseño de la puerta	43
21	45	Diseño de la estructura externa	44
22	46	Diseño de las bandejas	45
23	60	Construcción de cámara interna	46,43,44,45
24	61	Construcción de puerta	60

Continuación de la tabla 5.1: Secuencia de actividades

Orden de la actividad	ID	Actividades	Actividad predecesora basado en el ID
25	78	Revisión del entregable de diseño	35
26	54	Adquisición de microcontrolador	42
27	55	Adquisición de dispositivo para la entrada de datos	54
28	56	Envío y recibo de componentes electrónicos	54,55
29	62	Construcción de estructura externa	61
30	73	Validación del funcionamiento de la estructura eléctrica de la máquina	59
31	63	Construcción de bandejas	62
32	68	Programación del sistema de control de temperatura	56
33	69	Programación del sistema de control de presión	68

Continuación de la tabla 5.1 Secuencia de actividades

Orden de la actividad	ID	Actividades	Actividad predecesora basado en el ID
34	70	Programación del sistema de control de secado	69
35	71	Programación del interfaz de usuario	70
36	64	Construcción de circuito impreso que integre el microcontrolador y la entrada de datos	76
37	76	Revisión del entregable de programación	71
38	57	Adquisición de componentes para la instalación eléctrica	59,50,51,62,63,64,49,52,60,61
39	65	Ensamblaje de todas las partes mecánicas, eléctricas y electrónicas de la máquina	59,50,51,62,63,64,49,52,60,61
40	74	Validación del funcionamiento del circuito impreso construido	64
41	80	Revisión del entregable de adquisición	57

Continuación de la tabla 5.1: Secuencia de actividades

Orden de la actividad	ID	Actividades	Actividad predecesora basado en el ID
42	66	Agregar una nueva rama eléctrica	80
43	75	Validación del funcionamiento final de la máquina	79
44	79	Revisión del entregable de construcción	58
45	77	Revisión del entregable de validación	75
46	15	Cierre del proyecto	72,80,77,79,78,76

Tabla 5.2: Estimación de recursos y esfuerzo de actividades

Actividades	Recursos	Esfuerzo
Creación del acta de constitución del proyecto	Administrador de proyectos	40 hrs
Redactar el plan de gestión del proyecto	Administrador de proyectos	648 hrs
Presentación del plan de gestión a gerencia	Administrador de proyectos	2 hrs
Adquirir al equipo del proyecto	Administrador de proyectos	360 hrs
Cálculos de temperatura	Ing. Mecánico	8 hrs
Diseño del plano eléctrico de la máquina	Ing. Eléctrico	40 hrs
Cálculos del condensador	Ing. Mecánico	8 hrs
Cálculos del compresor	Ing. Mecánico	8 hrs
Cálculos de la resistencia	Ing. Mecánico	8 hrs

Continuación de la tabla 5.2: Estimación de recursos y esfuerzo de actividades

Actividades	Recursos	Esfuerzo
Cálculos del calor en la estructura	Ing. Mecánico	8 hrs
Modelado del sistema	Ing. Electrónico	32 hrs
Adquisición de componentes eléctricos	Ing. Eléctrico	4 hrs
Adquisición de condensador	Ing. Mecánico	2 hrs
Adquisición de compresor	Ing. Mecánico	2 hrs
Adquisición de resistencias	Ing. Mecánico	2 hrs
Construcción de estructura eléctrica de la máquina	Ing. Eléctrico	40 hrs
Adquisición de bomba de vacío	Ing. Mecánico	2 hrs
Envío y recibo de componentes mecánicos	Administrador de proyectos	8 hrs
Diseño de la cámara interna	Ing. Mecánico	4 hrs
Diseño de la puerta	Ing. Mecánico	4 hrs

Continuación de la tabla 5.2: Estimación de recursos y esfuerzo de actividades

Actividades	Recursos	Esfuerzo
Diseño de la estructura externa	Ing. Mecánico	4 hrs
Diseño de las bandejas	Ing. Mecánico	4 hrs
Construcción de cámara interna	Ing. Mecánico	40 hrs
Construcción de puerta	Ing. Mecánico	40 hrs
Revisión del entregable de diseño	Administrador de proyectos e ingenieros	2 hrs
Adquisición de microcontrolador	Ing. Electrónico	2 hrs
Adquisición de dispositivo para la entrada de datos	Ing. Electrónico	2 hrs
Envío y recibo de componentes electrónicos	Administrador de proyectos	80 hrs
Construcción de estructura externa	Taller de Precisión	40 hrs
Validación del funcionamiento de la estructura eléctrica de la máquina	Administrador de proyectos e ing. Eléctrico	1 hr

Continuación de la tabla 5.2: Estimación de recursos y esfuerzo de actividades

Actividades	Recursos	Esfuerzo
Construcción de bandejas	Taller de precisión	40 hrs
Programación del sistema de control de temperatura	Ing. Electrónico	8 hrs
Programación del sistema de control de presión	Ing. Electrónico	8 hrs
Programación del sistema de control de secado	Ing. Electrónico	8 hrs
Programación del interfaz de usuario	Ing. Electrónico	8 hrs
Construcción de circuito impreso que integre el microcontrolador y la entrada de datos	Empresa PCB	80 hrs
Revisión del entregable de programación	Administrador de proyectos e ingenieros	2 hrs

Continuación de la tabla 5.2: Estimación de recursos y esfuerzo de actividades

Actividades	Recursos	Esfuerzo
Adquisición de componentes para la instalación eléctrica	Técnico eléctrico	2 hrs
Ensamblaje de todas las partes mecánicas, eléctricas y electrónicas de la máquina	Ingenieros	10 hrs
Validación del funcionamiento del circuito impreso construido	Administrador de proyectos e ing. Electrónico	1 hr
Revisión del entregable de adquisición	Administrador de proyectos e ingenieros	2 hrs
Agregar una nueva rama eléctrica	Técnico eléctrico	6 hrs
Validación del funcionamiento final de la máquina	Administrador de proyectos e ingenieros	16 hrs
Revisión del entregable de construcción	Administrador de proyectos e ingenieros	2 hrs

Continuación de la tabla 5.2: Estimación de recursos y esfuerzo de actividades

Actividades	Recursos	Esfuerzo
Revisión del entregable de validación	Administrador de proyectos e ingenieros	2 hrs
Reuniones de coordinación	Administrador de proyectos e ingenieros	32 hrs
Informe mensual	Administrador de proyectos	5 hrs
Cierre del proyecto	Administrador de proyectos	40 hrs

5.4.3 Ruta crítica

La ruta crítica representa la secuencia de actividades terminales con la mayor duración entre ellos mostrados en el cronograma del proyecto, determinando el tiempo más corto para completar un proyecto. Cualquier retraso en alguna actividad de la ruta crítica afectará la fecha de cierre del proyecto. En el apéndice 19 se puede observar las actividades de la ruta crítica del proyecto obtenida con el programa de Microsoft Project.

5.5 Plan para la gestión del costo

El plan de gestión del costo proporciona una guía y dirección sobre cómo se gestionarán los costos del proyecto. Entre las salidas de este proceso se encuentran la estimación de los costos y la de presupuesto.

5.5.1 Estimación de costos

Según el PMBoK®, estimar los costos es un proceso que “consiste en desarrollar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto”. Para el cálculo de los costos del proyecto se toma en cuenta los costos por honorarios, servicios y adquisiciones durante la ejecución del proyecto.

Los honorarios calculados para los ingenieros ejecutores se basan en el pago por horas de servicio profesional que cada ingeniero realizará durante el proyecto, el total de horas fue calculado a partir de la tabla 5.2 relacionada a la estimación de la duración de las actividades. La hora de servicio profesional según el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica es de ₡24.273, en el cuadro 5.8 se muestran la cantidad total de horas y el costo que esto conlleva para cada recurso externo contratado. El costo total en remuneraciones para los ingenieros durante la ejecución del proyecto es de ₡7.767.360.

El salario del administrador del proyecto no se toma en cuenta dentro del presupuesto ya que se considera como parte de las labores que debe de realizar en su puesto y ya viene incluido en su salario mensual como miembro de la empresa.

Cuadro 5.8: Costo total por los recursos de ingeniería

Recurso	Actividades	Distribución de horas	Costo (₡)
Ing. Mecánico	Diseño y Construcción	72	1.747.656
	Reuniones semanales	16	388.368
	Revisión de Entregables de Construcción	2	48.546
	Revisión de Entregables de Diseño	2	48.546
	Revisión de Entregables de Adquisición	2	48.546
	Revisión de Entregables de Validación	4	97.092
	Total de Horas	98	2.378.754
Ing. Electrónico	Diseño y Construcción	76	1.844.748
	Reuniones semanales	16	388.368
	Revisión de Entregables de Construcción	2	48.546
	Revisión de Entregables de Diseño	2	48.546
	Revisión de Entregables de Programación	2	48.546
	Revisión de Entregables de Adquisición	2	48.546
	Revisión de Entregables de Validación	4	97.092
Total de Horas	104	2.524.392	
Ing. Eléctrico	Diseño y Construcción	92	2.233.116
	Reuniones semanales	16	388.368
	Revisión de Entregables de Construcción	2	48.546
	Revisión de Entregables de Diseño	2	48.546
	Revisión de Entregables de Adquisición	2	48.546
	Revisión de Entregables de Validación	4	97.092
	Total de Horas	118	2.864.214
Total		320	₡7.767.360

Los servicios de construcción e instalación a tomar en cuenta como parte del costo del proyecto se muestran en la tabla 5.3.

El servicio de construcción mecánica se refiere a la cotización realizada para la construcción de las piezas metálicas en acero inoxidable que conforman la estructura física de la máquina. Como todavía no se tienen los planos finales, el valor cotizado a juicio experto fue el diseño de una

recámara con un 25% de longitud mayor al requerido en la lista de requerimientos y se asume que el costo de las otras piezas no superaran el valor cotizado, de esta manera se obtuvo el costo aproximado del servicio de construcción de la estructura en un taller de precisión. Se debe de tomar en cuenta que este precio puede ser mayor y esto es considerado como una razón de riesgo para el proyecto. La cotización fue realizada en Taller Industrial y de Precisión TIPSA, ubicado en el Parque Industrial de Cartago.

El servicio de instalación eléctrica representa el costo de la contratación de un técnico eléctrico que asistirá al Ingeniero Eléctrico en las actividades de la instalación de la nueva rama eléctrica dentro de la empresa. A juicio de experto se calcularon un máximo de 8 horas laborales para el técnico y se tomó en cuenta el costo por hora según el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social para un electricista que es de ₡9.926.

La construcción electrónica forma parte del servicio de contratación de una empresa que reciba los planos del circuito electrónico y a partir de ahí construya un circuito impreso utilizando los componentes electrónicos sugeridos, para esta etapa se cotizó con la empresa estadounidense Sunstone Circuits y el costo aproximado es de ₡289.980 incluido el envío, para una tarjeta con área menor a medio metro cuadrado.

Tabla 5.3: Costo total por los servicios de construcción e instalación del proyecto.

Servicio	Costo (₡)
Construcción Mecánica	4.610.400
Instalación Eléctrica	79.408
Construcción Electrónica	289.980
Total	₡4.979.788

La estimación de los costos para los componentes eléctricos, mecánicos y electrónicos adquiridos se pueden observar en la tabla 5.4. El cálculo de los componentes mecánicos y electrónicos se realizó a partir de cotizaciones realizadas por la empresa en distintas páginas de venta de equipo industrial por internet, por lo que se agregó un 50% en forma de transporte y envío de su lugar de origen, se debe de tomar en cuenta que son precios que pueden variar ya que dependen de la etapa de diseño, para el caso de estudio se calcularon valores promedio de componentes genéricos. Se consideró que para la mayoría de los componentes eléctricos se podían conseguir en el país por lo que no se definió ningún rubro de envío y transporte. El costo total aproximado en componentes es de ₡1.077.500

Tabla 5.4: Costo de componentes adquiridos para el proyecto.

Componente	Cantidad	Costo unitario (₡)
Etapa Mecánica		
Bomba de vacío	1	100.000
Compresor	1	200.000
Controlador de presión	1	30.000
Componentes varios		100.000
SubTotal		430.000
Transporte y Envío		215.000
Etapa Eléctrica		
Componentes varios		350.000
Etapa Electrónica		
Microcontrolador Propeller	1	25.000
Display Touch	1	20.000
Componentes varios		10.000
SubTotal		55.000
Transporte y envío		27.500
Total		₡1.077.500

5.5.2 Determinación del presupuesto

En este proceso se realiza la suma de los costos totales mostrados en las tablas 5.2, 5.3 y 5.4 para determinar la línea base del costo y se le añade una reserva de gerencia y una de contingencia. La

reserva de gerencia está destinada a modificaciones e imprevistos en el alcance del proyecto y se estima que en caso de cambiar las actividades de diseño para nuevos requerimientos en el proyecto puede ser necesario realizar retrabajo para la mayoría de las actividades del entregable de diseño, el gerente considero un aproximado del 15% del costo total del proyecto para compensar las horas profesionales extras que se deberán de invertir en caso de que se necesiten hacer cambios, resultando en una reserva de gerencia aproximadamente de ¢2.073.697. La reserva de contingencia se calcula a partir de los costos necesarios para cumplir con el plan de respuesta a los riesgos identificados en los cuadros 5.26 y 5.27, en el apéndice 20 se puede observar la forma en que se desglosan las reservas de contingencias para los riesgos encontrados, su probabilidad y el costo del impacto, la reserva de contingencia total es de ¢2.910.147.

En la Tabla 5.5 se resume la información anterior y muestra que el presupuesto base del proyecto es de ¢18.808.492.

Tabla 5.5: Presupuesto estimado para el proyecto.

Rubro	Monto (¢)
Recursos	7.767.360
Servicios	4.979.788
Componentes	1.077.500
Costos Totales	13.824.648
Reserva de Gerencia (15%)	2.073.697
Reserva de contingencia	2.910.147
Presupuesto total del proyecto	¢18.808.492

En la figura 5.4 se puede observar una gráfica que muestra la relación del costo acumulado del proyecto con el transcurso de tiempo que dura la ejecución del proyecto (definido por unidades de tiempo iguales a 1 mes). Utilizando la línea base de costo mostrada a continuación el gerente del proyecto puede controlar el costo del proyecto y usarlo como base comparativa en situaciones en donde los costos del proyecto empiecen a variar y tomar medidas de control de cambios para minimizar cualquier situación que pueda afectar al proyecto.



Figura 5.5: Línea Base de Costo del Proyecto.

5.6 Plan para la gestión de calidad

El Plan de gestión de la calidad es un proceso que permite identificar los requisitos y estándares de calidad para el proyecto y sus entregables.





Actualmente la empresa carece de una política de calidad o métricas definidas para los proyectos por lo que en esta etapa se crearon los criterios de calidad que validan el cumplimiento de los requisitos tanto para el proyecto como para el producto.

En el cuadro 5.9 se puede observar los criterios de calidad del proyecto definidos entre el autor de la investigación y el líder del proyecto, y desde el cuadro 5.10 al 5.12 se implementaron sus respectivas Fichas de Indicadores, la cual es una herramienta que utilizará el administrador de proyectos para evaluar la calidad del proyecto, cada ficha tiene la fórmula para calcular su respectivo indicador y una representación gráfica del nivel de satisfacción del criterio evaluado. El apéndice 9 representa la plantilla utilizada para cada ficha.





Cuadro 5.9: Criterios de calidad del proyecto.

Id de Calidad	Criterio	Indicador	Objetivo
CPRY-01	Cumplir con la línea base del tiempo	Porcentaje de cumplimiento del tiempo	Medir el cumplimiento de la línea base del tiempo del proyecto.
CPRY-02	Cumplir con la línea base del costo	Porcentaje de cumplimiento del presupuesto	Medir el cumplimiento de la línea base del costo
CPRY-03	Cumplir con la línea base del alcance	Porcentaje de cumplimiento de los requerimientos	Medir el cumplimiento de la línea base del alcance





Cuadro 5.10: Ficha de indicador del tiempo

 ATECSA	Ficha de indicador			
	Indicador	Siglas	Código	Versión
	Porcentaje de cumplimiento del tiempo.	FI	CPRY-01	0
	Revisado por			
	Aprobado por			
Fecha de Aprobación				
Criterio	Cumplir con la línea base del tiempo			
Objetivo del indicador				
Medir el cumplimiento de la línea base del tiempo del proyecto.				
Fuentes de información	Cronograma-Línea base del tiempo inicial Cronograma-Línea base del tiempo final			
Responsable del indicador	Administrador del Proyecto			
Fórmula de cálculo	Tiempo Real / tiempo estimado			
Representación gráfica de cumplimiento	Desempeño Sobresaliente	Desempeño Satisfactorio	Desempeño Deficiente	Resultado Obtenido
				
Rango	100% o menos	Entre 101% a 110%	Mayor a 110%	

Cuadro 5.11: Ficha de indicador del costo

 ATECSA	Ficha de indicador			
	Indicador	Siglas	Código	Versión
	Porcentaje de cumplimiento del presupuesto	FI	CPRY-02	0
	Revisado por			
	Aprobado por			
Fecha de Aprobación				
Criterio	Cumplir con la línea base del costo			
Objetivo del indicador				
Medir el cumplimiento de la línea base del costo				
Fuentes de información	Presupuesto-Línea base del costo inicial Presupuesto-Línea base del costo final			
Responsable del indicador	Administrador del Proyecto			
Fórmula de cálculo	Costo Real / costo estimado			
Representación gráfica de cumplimiento	Desempeño Sobresaliente	Desempeño Satisfactorio	Desempeño Deficiente	Resultado Obtenido
				
Rango	100% o menos	N/A	Mayor a 100%	

Cuadro 5.12: Ficha de indicador del alcance





 ATECSA	Ficha de indicador			
	Indicador	Siglas	Código	Versión
	Porcentaje de cumplimiento de los requerimientos	FI	CPRY-03	0
	Revisado por			
	Aprobado por			
Fecha de Aprobación				
Criterio	Cumplir con la línea base del alcance			
Objetivo del indicador				
Medir el cumplimiento de la línea base del alcance				
Fuentes de información	Lista de requerimientos			
Responsable del indicador	Administrador del Proyecto			
Fórmula de cálculo	cantidad de requerimientos cumplidos / cantidad de requerimientos totales			
Representación gráfica de cumplimiento	Desempeño Sobresaliente	Desempeño Satisfactorio	Desempeño Deficiente	Resultado Obtenido
				
Rango	100%	N/A	Menor a 100%	

En el cuadro 5.13 se puede observar los criterios de calidad del producto definidos entre el autor de la investigación y el líder del proyecto, y desde el cuadro 5.14 al 5.16 se implementaron sus respectivas fichas de indicadores, se debe de tomar en cuenta que los criterios presentados pueden ser modificados durante el transcurso del proyecto según se avance en la etapa de ejecución.





Cuadro 5.13: Criterios de calidad del producto

Id de Calidad	Criterio	Indicador	Objetivo
CPRD-01	Procurar la integridad de cada paquete de producto liofilizado	Porcentaje de producto liofilizado exitoso	Medir el porcentaje de paquetes liofilizados por cada lote de producción
CPRD-02	Grado de reducción de consumo eléctrico de la máquina	Porcentaje de reducción de consumo eléctrico.	Medir el cobro eléctrico mensual de la máquina diseñada con respecto a las máquinas compradas.
CPRD-03	Mantener los niveles de presión propuestos	Porcentaje de error de los niveles máximo y mínimo de presión.	Medir la diferencia en porcentaje de error de las presiones máximas y mínimas alcanzables.





Cuadro 5.14: Ficha de indicador del producto liofilizado.

 ATECSA	Ficha de indicador			
	Indicador	Siglas	Código	Versión
	Porcentaje de producto liofilizado exitoso	FI	CPRD-01	0
	Revisado por			
	Aprobado por			
Fecha de Aprobación				
Criterio	Procurar la integridad de cada paquete de producto liofilizado			
Objetivo del indicador				
Medir el porcentaje de paquetes liofilizados por cada batch de producción				
Fuentes de información	Registro de Adquisiciones			
Responsable del indicador	Administrador del Proyecto			
Fórmula de cálculo	Total de paquetes por batch producidos/ 250			
Representación gráfica de cumplimiento	Desempeño Sobresaliente	Desempeño Satisfactorio	Desempeño Deficiente	Resultado Obtenido
				
Rango	Mayor o igual a 100%	Entre 95% y 100%	Menor a 95%	

Cuadro 5.15: Ficha de Indicador del consumo eléctrico.

 ATECSA	Ficha de indicador			
	Indicador	Siglas	Código	Versión
	Porcentaje de reducción de consumo eléctrico.	FI	CPRD-02	0
	Revisado por			
	Aprobado por			
Fecha de Aprobación				
Criterio	Grado de reducción de consumo eléctrico de la máquina			
Objetivo del indicador				
Medir el cobro eléctrico mensual de la máquina diseñada con respecto a las máquinas compradas.				
Fuentes de información	Registro de Adquisiciones			
Responsable del indicador	Administrador del Proyecto			
Fórmula de cálculo	Consumo eléctrico mensual de máquina diseñada/ Consumo eléctrico mensual de máquina comprada			
Representación gráfica de cumplimiento	Desempeño Sobresaliente	Desempeño Satisfactorio	Desempeño Deficiente	Resultado Obtenido
				
Rango	Menor a 90%	Entre 90% y 95%	Mayor a 95%	

Cuadro 5.16: Ficha de indicador de la presión alcanzada.

 ATECSA	Ficha de indicador			
	Indicador	Siglas	Código	Versión
	Porcentaje de error de los niveles máximo y mínimo de presión.	FI	CPRD-03	0
	Revisado por			
	Aprobado por			
Fecha de Aprobación				
Criterio	Mantener los niveles de presión propuestos			
Objetivo del indicador				
Medir la diferencia en porcentaje de error de las presiones máximas y mínimas alcanzables.				
Fuentes de información	Equipo de trabajo			
Responsable del indicador	Administrador del Proyecto			
Fórmula de cálculo	% Error de presión mínima o máxima deseada comparada con la real			
Representación gráfica de cumplimiento	Desempeño Sobresaliente	Desempeño Satisfactorio	Desempeño Deficiente	Resultado Obtenido
				
Rango	Menor a 10%	Entre 10% y 15%	Mayor a 15%	

5.6.1 Aseguramiento de la calidad

Este proceso permite revisar los requisitos de calidad y los resultados de las mediciones de control, para asegurar que se utilicen las normas de calidad adecuadas. Para el proyecto actual se utilizaron los indicadores de calidad mostrados en los cuadros 5.10, 5.11 y 5.12 para determinar si se cumplen los criterios de tiempo, costo y alcance respectivamente, los indicadores de calidad de la liofilizadora se pueden ver en los cuadros 5.14, 5.15 y 5.16, los resultados obtenidos de cada calificación determinarán si el proyecto cumple con las expectativas de calidad del cliente.

5.6.2 Control de la calidad

El control de calidad permite registrar los resultados durante la ejecución de las actividades de control de calidad del proyecto, de esta forma se evalúa el desempeño y se recomiendan los cambios necesarios.

El proyecto actual utilizará la herramienta de listas de verificación, mostrado en el apéndice 17, para realizar el control de calidad. Entre los datos que recoge la lista se encuentra la frecuencia en la que un parámetro que afecta un criterio de calidad varía con respecto a su línea base original, este análisis se hará en cada una de las reuniones del líder del proyecto con el equipo de trabajo, de esta forma se puede graficar una tendencia a partir de los valores obtenidos en la lista para cada indicador y correlacionar el incremento en las variaciones con la caída en el nivel de calidad que pueda tener el criterio afectado, en esos casos el líder del proyecto debe de actuar con una solicitud de cambio (ver apéndice 14) para intentar que el criterio de calidad regrese o se acerque de nuevo a su estado ideal. Un ejemplo de aplicación se da cuando existen frecuentes atrasos en el desarrollo de una actividad, la información documentada le permite al administrador de proyectos tomar decisiones sobre si es necesario o no implementar un control integrado de cambios al plan o proceso afectado.

5.7 Plan para la gestión de recursos humanos

Este proceso permite identificar y documentar los roles, responsabilidades y habilidades requeridas por parte de los integrantes del equipo del proyecto para que el administrador de proyectos pueda dirigir de forma exitosa al personal.

5.7.1 Roles, responsabilidades y autoridades

En el cuadro 5.17 se enuncian los roles, responsabilidades y el nivel de autoridad que tienen los interesados y miembros del equipo de trabajo del proyecto.

Cuadro 5.17: Roles y responsabilidades.

Rol	Responsabilidad	Autoridad
Gerente General (Patrocinador del proyecto)	<ul style="list-style-type: none"> • Ser dueño del caso de negocio. • Asegurarse de que los beneficios del proyecto sean obtenidos de su ejecución. • Comunicar a la organización su importancia y ganar apoyo para el mismo. 	Alta
Administrador del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer los planes necesarios mediante los procesos de Gestión de Proyectos para facilitar la ejecución, control y cierre del proyecto. • Identificar, seguir, gestionar y resolver los conflictos que ocurran en el proyecto. • Punto de comunicación entre el Gerente General y el Equipo de Trabajo. • Validar los entregables del Equipo de Trabajo 	Intermedia

Continuación del Cuadro 5.15: Roles y responsabilidades.

Rol	Responsabilidad	Autoridad
Equipo de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Ejecución de las actividades necesarias para cumplir con los requerimientos definidos en el alcance del proyecto. • Cumplir con los entregables definidos en la EDT. 	Baja

5.7.2 Organigrama del proyecto.

El organigrama es una representación gráfica en la cual se pueden identificar las relaciones jerárquicas del equipo del proyecto, cabe recordar que el recurso humano contratado será bajo la modalidad de pago por hora profesional por lo que no tienen autoridad jerárquica sobre los miembros internos de la empresa ATECSA pero si pueden tener responsabilidades de supervisión sobre los servicios externos correspondientes a su área de acción.

El equipo de trabajo estará compuesto por los siguientes miembros:

- Un ingeniero mecánico encargado de las etapas de diseño de los parámetros termodinámicos y de la estructura física de la máquina, además supervisará y será responsable del taller de precisión que construirá las piezas metálicas.
- Un ingeniero eléctrico, que tendrá a cargo las actividades del diseño de la etapa de potencia de la máquina y supervisara al técnico eléctrico para la etapa de instalación.
- Un ingeniero electrónico, que tendrá las funciones de modelar y programar el sistema de control y de usuario, también será el responsable de asegurarse que el taller de PCB construya correctamente el circuito impreso donde irá la etapa de control dentro de la máquina.

- El taller de precisión se encargará de reproducir la estructura física en acero inoxidable según los planos en un software CAD proporcionado por el Ing. Mecánico.
- Un técnico eléctrico, cuya labor será la de agregar una nueva rama eléctrica para instalar la nueva máquina liofilizadora.
- El taller PCB, serán los encargados de construir un circuito impreso según los planos electrónicos entregados por el Ing. Electrónico para la etapa de control.

En la figura 5.5 se puede observar el organigrama compuesto por los miembros de ATECSA y los colaboradores externos, representados por los cuadros azules y naranjas respectivamente.

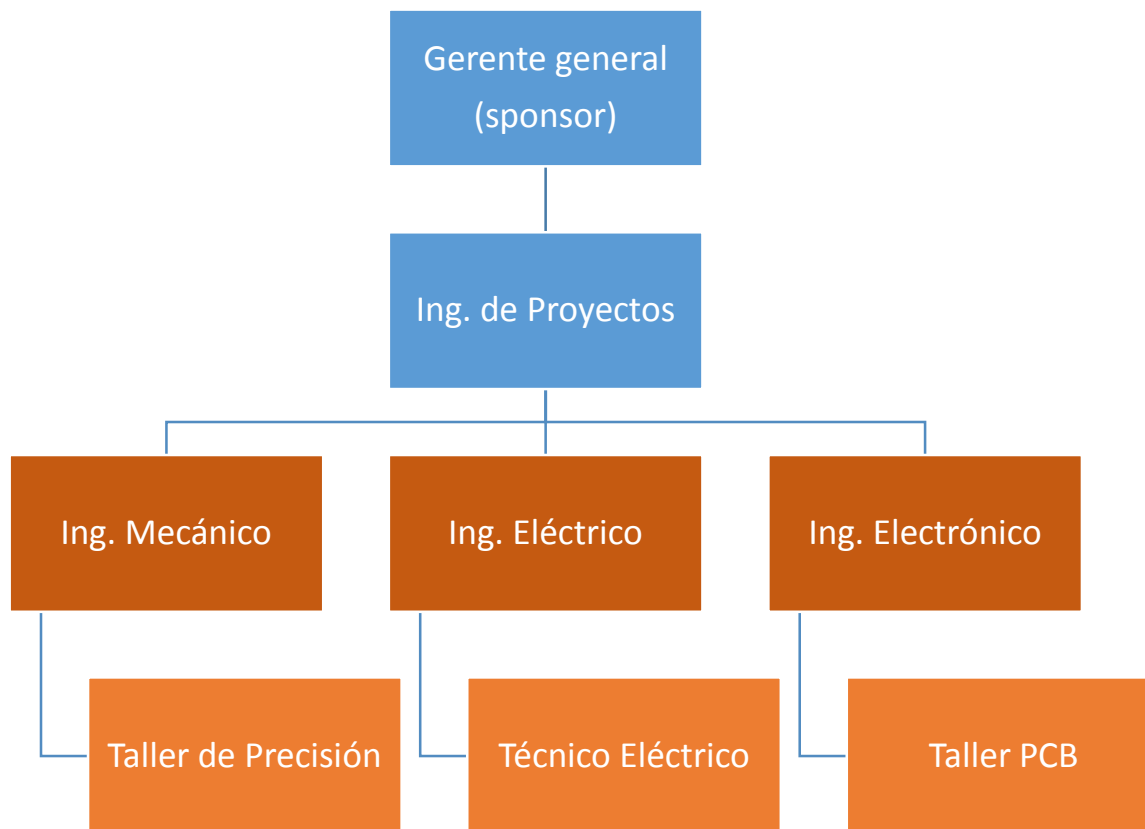


Figura 5.6: Organigrama del proyecto.

5.7.3 Definición de perfiles ocupacionales y descripción de funciones.

Para completar la definición de lo que se espera de cada miembro del equipo del proyecto, se desarrollan los perfiles de puesto, que son una herramienta que permite la recopilación de la información relativa a las necesidades que se deben de cubrir en cada puesto del equipo del proyecto y, sirven de insumo para la selección de personal. Entre los datos importantes a tomar cuenta en cada perfil podemos encontrar los siguientes términos:

- Puesto: Permite la identificación del puesto ya sea de ingeniero, técnico o de servicios.
- Cargos de supervisión y dependencia: Se relaciona con las jerarquías observadas en el organigrama del proyecto.
- Especialidad: Se refiere a la especialidad del puesto.
- Funciones específicas: Está relacionada con las funciones específicas necesarias en el proyecto asociadas al rol especificado.
- Requisitos: Muestra los requisitos académicos y de experiencia que debe de tener el puesto.
- Competencias técnicas: Se refiere a la capacidad de una persona de utilizar sus habilidades para ejercer una función, un oficio o una profesión según las exigencias definidas y reconocidas por el mercado de trabajo.

En los cuadros desde el 5.18 hasta el 5.23 se pueden observar los perfiles ocupacionales para el equipo de trabajo deseado para desarrollar el proyecto.

Cuadro 5.18: Perfil ocupacional del Ing. Mecánico.

Puesto	Ingeniero	Especialidad	Mecánica
Cargo del que depende	Ingeniero de Proyectos	Cargo que supervisa	Taller de precisión
Funciones Principales		Requisitos	
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de los planos mecánicos que satisfagan el alcance del proyecto. • Cálculo de los parámetros termodinámicos que satisfagan el alcance del proyecto. • Desarrollo de una estructura física que pueda cumplir con los requisitos del proceso de liofilización. • Sincronía y colaboración con los demás miembros del equipo de trabajo en actividades en que existan dependencias. • Supervisión y validación de la etapa estructural construida por el mecánico de precisión. • Entrega de reportes técnicos periódicos. • Asesoramiento en materia de procesos de mecánicos al equipo de trabajo. • Asistencia en la adquisición de componentes mecánicos. 		<ul style="list-style-type: none"> • Bachiller en Ingeniería Mecánica o en Ingeniería Electromecánica. • Incorporado al Colegio Profesional respectivo según el grado académico que exige el puesto. • Tres años de experiencia en la industria. • Conocimientos o experiencia en administración de proyectos (deseable). • Conocimientos o experiencia en el diseño de máquinas. 	
Competencias técnicas			
Calidad, orientación al logro, comunicación asertiva, responsabilidad, innovación y creatividad, planeamiento y organización del trabajo, servicio al cliente, coordinación de procesos de trabajo, trabajo en equipo, delegación efectiva, respeto y tolerancia.			

Cuadro 5.19: Perfil ocupacional del Ing. Eléctrico.

Puesto	Ingeniero	Especialidad	Eléctrico
Cargo del que depende	Ingeniero de Proyectos	Cargo que supervisa	Técnico Eléctrico
Funciones Principales		Requisitos	
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de los planos eléctricos de una etapa de potencia que pueda cumplir con los requisitos del proceso de liofilización. • Construcción de la etapa de potencia. • Sincronía y colaboración con los demás miembros del equipo de trabajo en actividades en que existan dependencias. • Supervisión y validación de la instalación eléctrica construida por el asistente eléctrico. • Entrega de reportes técnicos periódicos. • Asesoramiento en materia de procesos de eléctricos al equipo de trabajo. • Asistencia en la adquisición de componentes eléctricos. 		<ul style="list-style-type: none"> • Bachiller en Ingeniería Eléctrica. • Incorporado al Colegio Profesional respectivo según el grado académico que exige el puesto. • Tres años de experiencia en la industria. • Conocimientos o experiencia en administración de proyectos (deseable). • Conocimientos o experiencia en el diseño de máquinas. 	
Competencias técnicas			
Calidad, orientación al logro, comunicación asertiva, responsabilidad, innovación y creatividad, planeamiento y organización del trabajo, servicio al cliente, coordinación de procesos de trabajo, trabajo en equipo, delegación efectiva, respeto y tolerancia.			

Cuadro 5.20: Perfil ocupacional del Ing. Electrónico.

Puesto	Ingeniero	Especialidad	Electrónico
Cargo del que depende	Ingeniero de Proyectos	Cargo que supervisa	Taller PCB
Funciones Principales		Requisitos	
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y simulación de los circuitos electrónicos que satisfagan el alcance del proyecto. • Desarrollo de una etapa de control que pueda cumplir con los requisitos del proceso de liofilización. • Desarrollo de una interfaz de usuario que satisfaga con los requisitos del proyecto. • Programación del código en un microcontrolador y su posterior integración al sistema de control. • Sincronía y colaboración con los demás miembros del equipo de trabajo en actividades en que existan dependencias. • Supervisión y validación del circuito electrónico construido en un circuito impreso (PCB). • Entrega de reportes técnicos periódicos. • Asesoramiento en materia de procesos electrónicos al equipo de trabajo. • Asistencia en la adquisición de componentes electrónicos. 		<ul style="list-style-type: none"> • Licenciatura en Ingeniería en Electrónica. • Dos años de experiencia en la industria. • Conocimientos o experiencia en administración de proyectos (deseable). • Conocimientos o experiencia en el diseño de máquinas. 	

Competencias técnicas
Calidad, orientación al logro, comunicación asertiva, responsabilidad, innovación y creatividad, planeamiento y organización del trabajo, servicio al cliente, coordinación de procesos de trabajo, trabajo en equipo, delegación efectiva, respeto y tolerancia.

Cuadro 5.21: Perfil ocupacional del Técnico Eléctrico.

Puesto	Técnico	Especialidad	Eléctrico
Cargo del que depende	Ingeniero Eléctrico	Cargo que supervisa	Ninguno
Funciones Principales		Requisitos	
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y construcción de una rama eléctrica. • Asistencia en la adquisición de componentes eléctricos para la instalación. • Validación de la instalación eléctrica construida. 		<ul style="list-style-type: none"> • Técnico en electricidad graduado del INA. • Tres años de experiencia en instalaciones eléctricas. 	
Competencias técnicas			
Competencias técnicas: Calidad, orientación al logro, comunicación asertiva, responsabilidad, servicio al cliente, diligencia, trabajo en equipo, respeto y tolerancia.			

Cuadro 5.22: Perfil ocupacional del Taller de Mecánica de Precisión.

Puesto	Servicio	Especialidad	Mecánica de Precisión
Cargo del que depende	Ingeniero Mecánico	Cargo que supervisa	Ninguno
Funciones Principales		Requisitos	
<ul style="list-style-type: none"> Servicio de construcción de la estructura mecánica a partir de los planos entregados por el Ing. Mecánico 		<ul style="list-style-type: none"> Experiencia por más de 5 años en la industria de precisión Ubicados en el Área Metropolitana. 	
Competencias técnicas			
Competencias técnicas: Calidad, responsabilidad, servicio al cliente y diligencia.			

Cuadro 5.23: Perfil ocupacional del Taller de PCB.

Puesto	Servicio	Especialidad	Construcción de circuitos impresos
Cargo del que depende	Ingeniero Electrónico	Cargo que supervisa	Ninguno
Funciones Principales		Requisitos	
<ul style="list-style-type: none"> Servicio de construcción de la circuitos impresos a partir de los planos entregados por el Ing. Electrónico 		<ul style="list-style-type: none"> Experiencia por más de 5 años en la industria circuitos impresos. El fabricante debe de poder proveer los componentes. La tarjeta debe de ser enviada una semana después de haberse hecho el pedido 	
Competencias técnicas			
Competencias técnicas: Calidad, responsabilidad, servicio al cliente y diligencia.			

5.7.4 Adquirir el equipo del proyecto

Este proceso se realiza para confirmar la disponibilidad de los recursos que puedan realizar las actividades necesarias para completar el proyecto, el administrador de proyectos requiere de habilidades de negociación y de adquisición para realizar las contrataciones por servicio profesional para cada uno de los miembros del equipo del proyecto que tengan los perfiles ocupacionales definidos previamente.

El ingeniero de proyectos publicará las ofertas de trabajo en las bolsas de empleo de las universidades y en diferentes páginas web para buscar a los candidatos que serán parte del equipo

de trabajo, los interesados realizarán una entrevista para comprobar si cumplen o no con los requerimientos de cada puesto y el gerente general en conjunto con el ingeniero de proyectos tomarán la decisión para cada contratación.

5.8 Plan para la gestión de las comunicaciones.

En este plan se analiza cual será la manera más eficaz y eficiente que tendrá el Administrador de Proyecto para comunicarse con los interesados del proyecto, cuál será el formato adecuado a utilizar en el momento justo y con el impacto apropiado.

En la figura 5.6, se muestran las estrategias de comunicación que se usarán para los diferentes tipos de interesados del proyecto, tomando en cuenta los niveles de poder e interés determinado en el registro de los interesados del cuadro 5.2. En la figura 5.7 se desarrolló una matriz de comunicaciones, una herramienta que el administrador de proyectos puede utilizar para registrar las estrategias, el tipo y las frecuencias de las comunicaciones que tienen los interesados entre sí.

Poder	Alto	Comunicación Necesaria	Comunicación Efectiva
	Bajo	Comunicación General	Comunicación Constante
		Bajo	Alto
		Interés	

Figura 5.7: Estrategia de Comunicaciones.

Las estrategias de comunicación definidas son las siguientes:

- **Comunicación Efectiva:** Considera los niveles más altos de interés y poder de los interesados, demanda una comunicación ininterrumpida con información exacta y precisa sobre los temas relacionados al proyecto.
- **Comunicación Constante:** este tipo de comunicación considera los niveles más altos de interés y menores niveles de poder de los interesados, demanda una comunicación acerca de los resultados, cambios o avances del proyecto de forma oportuna.
- **Comunicación Necesaria:** este tipo de comunicación considera los niveles más altos de poder y menores niveles de interés de los interesados, demanda una comunicación limitada alrededor de la influencia del patrocinador sobre sus receptores.
- **Comunicación General:** este tipo de comunicación considera los niveles más bajos de interés y poder de los interesados, demanda una comunicación básica acerca de los temas generales del proyecto.

Interesado	Requerimiento de Comunicación	Estrategia de Comunicación	Tipo de Comunicación	Medio de Comunicación	Frecuencia de Comunicación	Emisor
Gerente General	1, 2, 3, 4, 5	1	1, 3	1, 3	Mensual	Administrador de Proyectos
Operarios	1, 2	2	3	3	Una vez	Gerente General
Administrador de Proyecto	1, 2, 3, 4, 5	3	2, 3	1, 2, 3, 4, 5	Semanal	Ingenieros
Ingeniero Mecánico	1, 2, 3, 4, 5	3	2, 3	1, 2, 3, 4, 5	Semanal	Administrador de Proyectos
Ingeniero Eléctrico	1, 2, 3, 4, 5	3	2, 3	1, 2, 3, 4, 5	Semanal	Administrador de Proyectos
Ingeniero Electrónico	1, 2, 3, 4, 5	3	2, 3	1, 2, 3, 4, 5	Semanal	Administrador de Proyectos
Técnico Eléctrico	1, 2, 5	4	2	3, 4	Una vez	Ingeniero Eléctrico
Taller de Precisión	1, 2, 5	4	2	2, 3, 4	Una vez	Ingeniero Mecánico
Taller PCB	1, 2, 5	4	2	2, 4, 5	Una vez	Ingeniero Electrónico
Proveedores	1, 2, 5	4	2	2, 3, 4, 5	Las veces que sean necesario	Administrador de Proyectos e Ingenieros
Requerimientos de Comunicación	1 = Cambio	2 = Resultado	3 = Cierre	4 = Avance	5 = Decisiones	
Estrategia de Comunicación	1 = Comunicación Efectiva	2 = Comunicación Necesaria	3 = Comunicación Constante	4 = Comunicación General		
Tipo de Comunicación	1 = Formal	2 = Informal	3 = Oficial			
Medio de Comunicación	1 = Informe escrito	2 = Correo Electrónico	3 = Reunión Presencial	4 = Formularios, planos y requisitos	5 = Reunión webcam	

Figura 5.8: Matriz de comunicaciones.

5.8.1 Gestión de las comunicaciones

Una gestión adecuada de las comunicaciones se logra cuando se distribuye, recopila, almacena, recupera y permite a disposición toda la información del proyecto de acuerdo a los medios, tipos y estrategias de comunicación definidas en la matriz de comunicaciones.

El ingeniero de proyectos utilizará el servicio gratuito de almacenamiento de datos en la nube llamado Dropbox®, cada miembro del equipo recibirá una invitación al repositorio virtual del proyecto, en donde encontrarán toda la información técnica, actualizaciones a los planes del proyecto, minutas, entre otros documentos importantes para el proyecto. El administrador del proyecto tendrá acceso ilimitado de edición de documentos mientras que los miembros del equipo tendrán acceso de edición limitada para evitar modificaciones innecesarias al plan de gestión.

5.8.2 Control de las comunicaciones

Este proceso permite monitorear y controlar las comunicaciones para asegurar que se satisfagan las necesidades de información de los interesados del proyecto, asegurando un flujo óptimo de comunicación entre los participantes de la comunicación.

El ingeniero de proyectos será el encargado de enviar las minutas a los participantes después de finalizada las reuniones y de actualizar la documentación de cualquier solicitud de cambio o información resultante de las reuniones en el repositorio virtual. La información obtenida de este proceso se utilizará como datos de entrada para las solicitudes cambio del proyecto.

5.9 Plan para la gestión de riesgos

El riesgo es toda situación incierta que pueda afectar los objetivos del proyecto, esta situación puede ser negativa impidiendo su cumplimiento o positiva potenciando el cumplimiento de las metas establecidas en el proyecto.

El plan para la gestión de riesgos propuesto establece que se desarrollen los siguientes procesos para administrar los posibles riesgos en el proyecto: identificación de riesgos, análisis cualitativo de riesgo y plan de respuesta a los riesgos.

5.9.1 Identificación de los riesgos.

Utilizando la información de los planes subsidiarios y el juicio de expertos entre los miembros de ATECSA y de ingenieros colaboradores se identificaron y categorizaron los riesgos mostrados en el cuadro 5.24. Se definieron las siguientes categorías de riesgos:

- Riesgos externos: Relacionados a los riesgos que puedan darse con los talleres de servicio o con los proveedores de componentes.
- Riesgos de diseño: Son los riesgos que se pueden dar durante el entregable de diseño.
- Riesgos administrativos: Son aquellos que pueden afectar directamente al sponsor principal del proyecto y pueden causar la cancelación del mismo.
- Riesgos de gestión de proyectos: Pertenecen a los riesgos causados por una mala planificación del proyecto.

Cuadro 5.24: Riesgos identificados.

Categoría	Riesgo
Externos	<ul style="list-style-type: none"> • Atrasos en la entrega de componentes por parte de los proveedores puede ocurrir que haya atrasos en el proyecto ocasionando que se modifique el cronograma. • Atrasos en la entrega de materiales por parte de los talleres puede ocurrir que haya atrasos en el proyecto ocasionando que se modifique el cronograma.
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Incumplimiento en tiempo y calidad de los ingenieros en sus entregables puede ocurrir que se vea afectada las líneas base de tiempo ocasionando que se atrase el cronograma. • Errores y omisiones en la documentación técnica del proyecto (planos y especificaciones) puede ocurrir que haya fallos estructurales y eléctricos ocasionando que se afecte la calidad del proyecto. • Inviabilidad técnica para el desarrollo del alcance que exige la empresa puede ocurrir que haya varios cambios en la línea base del alcance, ocasionando que la etapa de diseño se atrase. • Falta de experiencia en diseño del personal contratado, puede ocurrir que no se cumpla con el alcance deseado ocasionando que haya problemas técnicos.

Continuación del Cuadro 5.24: Riesgos identificados.

Categoría	Riesgo
Administrativos	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en la administración puede ocurrir una modificación en el plan estratégico de la empresa, ocasionando que el proyecto se cancele. • Como resultado de que el negocio de venta de productos decaiga, puede ocurrir que se haga un replanteamiento en la prioridad del proyecto, ocasionando que se atrase o cancele.
Gestión de Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Una mala administración de cambios al proyecto durante su ejecución puede causar retrabajo. • Actividades no cubiertas por el alcance de las contrataciones en curso, puede causar que haya que gestionar más contratos ocasionando un aumento en el costo del proyecto. • La ausencia o mala definición de criterios de revisión de entregables puede causar que no cumplan con los requerimientos solicitados. • La dificultad en la contratación de recurso humano con el perfil ocupacional deseado, puede causar que se contrate personal no calificado y ocasionar que el cronograma se atrase y la calidad del proyecto disminuya.

Continuación del Cuadro 5.24: Riesgos identificados

Categoría	Riesgo
Gestión de Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Una mala comunicación entre el equipo de trabajo, puede ocurrir que en la integración final del producto no funcione como se esperaba, ocasionando atrasos en la línea de costo, tiempo y alcance.

5.9.2 Análisis cualitativo de riesgos.

Se realizó un estudio de la información suministrada en los riesgos identificados en el cuadro 5.22, definiendo la prioridad de los riesgos en base al posible impacto que puedan tener sobre los entregables del proyecto. ATECSA no cuenta con información sobre las estadísticas de probabilidades de ocurrencia de cada uno de los riesgos, por lo que la asignación de los niveles de impacto y probabilidad se basa en los riesgos prioritarios según la empresa. Los riesgos que considera la empresa como críticos o de mayor probabilidad son los relacionados al alcance del proyecto, según el ingeniero de ATECSA, la posibilidad de una inviabilidad técnica en cuanto al diseño de una liofilizadora con las características que propone la empresa son bastante altas, por eso es necesario que se dedique más tiempo en los cálculos matemáticos para determinar su factibilidad, en el peor de los casos el proyecto sería cancelado y se continuaría con la compra de una máquina similar, como un riesgo moderado consideran que en el apartado de los costos poseen una tolerancia que les permite tener reservas de contingencia de hasta un mes de producción por si el proyecto se atrasa y como riesgo de menor impacto determinan los atrasos o modificaciones al cronograma, a partir de esta información se realizó la matriz de riesgos.

En la tabla 5.6 se muestra la escala de valores escogida para representar los niveles de impacto y riesgo en la herramienta de matriz de calor utilizada para cuantificar los riesgos del proyecto.

Tabla 5.6: Escala de valores impacto probabilidad.

	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
Impacto	1	2	3	4	5
Riesgo	1	2	3	4	5

En el cuadro 5.25 se pudo determinar la valoración sobre las escalas de impacto bajo los criterios de costo, tiempo, alcance y calidad del proyecto.

Cuadro 5.25: Escala de valoración del impacto sobre el proyecto

Criterio de Impacto	Escalas de Tolerancia de Impacto				
	1	2	3	4	5
Costo	Incremento en el costo menor al 3%	Incremento en el costo entre el 3% y el 5%	Incremento en el costo entre el 5% y el 7%	Incremento en el costo entre el 8% y el 10%	Incremento en el costo superior al 10%
Tiempo	Atraso en tiempo menor al 3%	Atraso en tiempo entre el 3% y el 5%	Atraso en tiempo entre el 5% y el 7%	Atraso en tiempo entre el 8% y el 10%	Atraso en tiempo superior al 10%
Alcance	Variación apenas perceptible del alcance	Variación perceptible del alcance	Variación en áreas que impliquen retrabajo o cambio de requerimientos	Variación del alcance inaceptable para la empresa	Producto final es inaceptable
Calidad	Incumplimiento de los criterios de calidad apenas perceptible	Incumplimiento de los criterios de calidad aceptables	Incumplimiento de los criterios de calidad que implique retrabajo o cambio de requerimientos	Se requiere aprobación del cliente por incumplimiento de criterios de calidad	Los incumplimientos en los criterios de calidad son inaceptables por la empresa.

En la tabla 5.7 se muestra la matriz de probabilidad de impacto, que ilustra la multiplicación de los valores de la escala obtenidos de la tabla 5.6, los dos parámetros se combinan para determinar si un riesgo es considerado bajo, moderado o alto. Se determina que a partir de la combinación de probabilidad e impacto, un riesgo puede ser clasificado como alto (estado rojo) cuando el valor de esta multiplicación sea igual o mayor a 16, moderado (estado amarillo) cuando el valor sea menor a 16 pero mayor a 5 y, bajo (estado verde) para los valores menores o iguales a 5.

Tabla 5.7: Matriz de probabilidad-impacto.

		Impacto				
		Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
Probabilidad		1	2	3	4	5
Muy Alto	5	5	10	15	20	25
Alto	4	4	8	12	16	20
Moderado	3	3	6	9	12	15
Bajo	2	2	4	6	8	10
Muy Bajo	1	1	2	3	4	5

5.9.3 Plan de respuesta a los riesgos

Una vez identificado y categorizado los riesgos según su prioridad basada en la matriz de probabilidad e impacto, se debe de desarrollar acciones de respuesta que permitan mitigar, evitar o transferirlos los riesgos en caso de que alguno se materialice. En el cuadro 5.26 se puede observar la matriz de riesgos que nos permite observar la clasificación de prioridad en cada riesgo y en el cuadro 5.27 están documentados los planes de acción para cada riesgo identificado.

5.9.4 Control de riesgos

El control de riesgos es un proceso que involucra implementar el plan de respuesta de los riesgos identificados en el cuadro 5.24, dar seguimiento a los riesgos identificados, monitorearlos y actualizar el plan de riesgos en caso de que nuevos amenazas surjan durante la ejecución del proyecto.

El administrador de proyectos, a través de las reuniones de coordinación, deberá determinar si:

- Los supuestos del proyecto siguen siendo válidos.
- El riesgo evaluado originalmente ha cambiado o puede descartarse.
- Los procedimientos para las respuestas a los riesgos siguen respetándose.
- Las reservas de contingencia deben modificarse para alinearlas con la evaluación actual de los riesgos.

La información obtenida de las reuniones permitirá realizar actualizaciones al plan de riesgos.

ID	Categoría	Riesgos			Probabilidad	Impacto	Calificación	Prioridad
		Como resultado de	Puede ocurrir que	Ocasionando				
RD-03	Diseño	Inviabilidad técnica para el desarrollo del alcance que exige la empresa	La etapa de diseño se atrase	Que haya varios cambios en la línea base del alcance	4	4	16	ALTA
RGP-05	Gestión de Proyecto	Una mala comunicación entre el equipo de trabajo	En la integración final del producto no funcione como se esperaba	Atrasos en la línea de costo, tiempo y alcance	3	5	15	ALTA
RE-01	Externos	Atrasos en la entrega de componentes por parte de los proveedores	Existan atrasos en el proyecto	Que se modifique el cronograma	1	3	3	BAJA
RE-02	Externos	Atrasos en la entrega de materiales por parte de los talleres	Existan atrasos en el proyecto	Que se modifique el cronograma	1	3	3	BAJA
RA-01	Administrativos	Un cambio en la administración	Un cambio en el plan estratégico de la	Que el proyecto se cancele	1	5	5	BAJA
RGP-04	Gestión de Proyecto	La dificultad en la contratación de recurso humano con el perfil ocupacional deseado	Se contrate personal no calificado	Que el cronograma se atrase y la calidad del proyecto del proyecto disminuya	1	3	3	BAJA
RD-01	Diseño	Incumplimiento en tiempo y calidad de los ingenieros en sus entregables	Se vea afectada las líneas base de tiempo	Que se atrase el cronograma	3	3	9	MODERADA
RD-02	Diseño	Errores y omisiones en la documentación técnica del proyecto (planos y especificaciones)	Existan fallos estructurales y eléctricos	Que se afecte la calidad del proyecto	3	4	12	MODERADA
RD-04	Diseño	La falta de experiencia en diseño del personal contratado	Existan problemas técnicos	Que no se cumpla con la calidad deseada	2	3	6	MODERADA
RA-02	Administrativos	Que el negocio de venta de productos decaiga	Exista un replanteamiento en la prioridad del proyecto	Que se atrase o cancele	2	5	10	MODERADA
RGP-01	Gestión de Proyecto	Una mala administración de cambios al proyecto durante su ejecución	Se debe hacer retrabajo	Que se atrase el cronograma	3	2	6	MODERADA
RGP-02	Gestión de Proyecto	Actividades no cubiertas por el alcance de las contrataciones en curso	Se deba gestionar más contratos	Un aumento en el costo del proyecto	3	3	9	MODERADA
RGP-03	Gestión de Proyecto	La ausencia o mala definición de criterios de revisión de entregables	No cumplan con lo solicitado	Que se afecte la calidad del proyecto	2	4	8	MODERADA

Cuadro 5.26: Matriz de riesgo- Clasificación de prioridad.

ID	Probabilidad	Impacto	Calificación	Prioridad	Acción	Plan de Acción	Responsable
RD-03	4	4	16	ALTA	Mitigar	Un adecuado control de cambios debe de ser implementado para modificar el alcance durante la etapa de diseño y construcción de la máquina. El peor de los casos sería el desarrollo de una máquina con las mismas características que las actuales	Ingenieros Ejecutores
RGP-05	3	5	15	ALTA	Mitigar	Dentro del contrato se especificará que se debe de cumplir con una matriz de comunicaciones durante el desarrollo del proyecto.	Gerente de proyectos
RE-01	1	3	3	BAJA	Transferir	Solicitar al proveedor algún tipo de compensación por si el producto se atrasa	Proveedor, ATECSA
RE-02	1	3	3	BAJA	Transferir	Solicitar al proveedor algún tipo de compensación por si el producto se atrasa	Taller, ATECSA
RA-01	1	5	5	BAJA	Aceptar		ATECSA
RGP-04	1	3	3	BAJA	Evitar	La implementación de un adecuado plan de recursos humanos permitirá contratar al personal que cumpla con el perfil ocupacional que se necesita para el	Gerente de proyectos
RD-01	3	3	9	MODERADA	Evitar	Por medio de reuniones periódicas se intentara darle control y seguimiento a la etapa de diseño	Gerente de proyectos, Equipo de
RD-02	3	4	12	MODERADA	Mitigar	Se le solicitará un informe técnico semanal a los ingenieros para reportar sus avances	Gerente de proyectos, Equipo de
RD-04	2	3	6	MODERADA	Evitar	En el perfil ocupacional se especificará los años de experiencia en la industria que debe de tener el recurso humano.	Ingenieros Ejecutores
RA-02	2	5	10	MODERADA	Aceptar		ATECSA
RGP-01	3	2	6	MODERADA	Mitigar	Un adecuado control de cambios debe de ser implementado y comunicado a todo el equipo de	Gerente de proyectos
RGP-02	3	3	9	MODERADA	Mitigar	El plan de costos debe de tener contemplado un presupuesto reservado para actividades no contempladas durante la planificación del alcance	Gerente de proyectos
RGP-03	2	4	8	MODERADA	Mitigar	Realizar una lista de criterios de revisión y control de entregables para cada área técnica del proyecto	Gerente de proyectos

Cuadro 5.27: Matriz de riesgo- Plan de acción.

5.10 Plan para la gestión de las adquisiciones

En este apartado se conocerán los procesos necesarios a considerar en la contratación servicios y adquisición de materiales para el proyecto en cuestión. Entre los procesos a tomar en cuenta están: plan de compras y adquisiciones, plan de contratación y control de adquisiciones.

5.10.1 Plan de compras y adquisiciones.

Este proceso establece el material que se va a comprar, cuándo se va a hacer y cómo se va a adquirir. Para realizar las adquisiciones se establecen procedimientos para hacer pedidos a los proveedores, estos procedimientos implican la utilización de la plantilla en el apéndice 10.

5.10.2 Procedimientos para hacer pedidos.

A continuación se muestran los pasos aplicados para realizar compras o pedidos de material para el proyecto:

1. La orden de compra debe de ser llenada por los ingenieros ejecutores que requieran del material y deberá ser aprobado por el administrador de proyectos.
2. Si alguna orden de compra supera los ¢300.000 esta debe de ser ratificada por el Gerente General.
3. Una vez que la orden de compra sea confeccionada, se procede su envío vía correo electrónico al administrador de proyectos para su aprobación o rechazo.
4. Una vez aprobada la orden, el responsable de la adquisición realizará la compra con el proveedor elegido y pagará de su propio bolsillo el producto, cuando el equipo adquirido sea entregado, el comprador presentará la factura y el producto al gerente de proyecto, luego de validar la compra se le depositará en la cuenta bancaria del comprador el costo del material en un plazo no mayor a 2 semanas.
5. Para materiales de urgencia y con montos menores a ¢10.000, no es necesario llenar la orden de compra, el comprador solo debe de presentar la factura para realizar el reembolso.

6. El costo de los materiales para la instalación eléctrica será decidido bajo juicio de experto entre el ingeniero eléctrico y el técnico eléctrico. El administrador de proyectos proporcionará directamente el dinero en efectivo para que el técnico realice las compras y presente las facturas correspondientes.

5.10.3 Plan de contratación.

La metodología de adquisiciones a utilizar, para comprar o contratar cualquier bien o servicio, será el de contratos de precio fijo cerrado el cual será aplicado a las contrataciones con los talleres y al técnico de eléctrico. Para la contratación de los ingenieros se aplica la contratación por horas profesionales.

5.10.4 Procedimientos para hacer contratos de precio fijo cerrado.

Para realizar las adquisiciones de servicio se establecen procedimientos para hacer los pedidos a los proveedores, estos procedimientos implican la utilización de la plantilla en el Apéndice 11. A continuación se muestran los pasos utilizados para realizar contratos de precio fijo:

1. El ingeniero ejecutor realiza una cotización del bien o servicio requerido al taller proveedor
2. La orden de compra de servicio debe de ser llenada por el ingeniero solicitante, revisada por el Administrador de Proyectos y aprobada por el Gerente General.
3. Una vez aceptada la orden, el Administrador de Proyectos se encargará de realizar la contratación junto al solicitante, el pago lo hará directamente la empresa con el proveedor.

5.10.5 Contratación de ingenieros.

La contratación de los ingenieros se hará por medio de un contrato por horas profesionales y se establecerá que el pago se realice cada vez que el ingeniero complete los entregables respectivos a su paquete de trabajo establecido en la EDT, el pago por cada entregable se hará basado en la cantidad de horas invertidas según la Tabla 5.2 relacionado a la Estimación de Recursos y Duración de Actividades para cumplir su paquete de trabajo correspondiente. Si el Ingeniero necesitó de más

horas para terminar con alguna actividad se debe de realizar una reunión con el Administrador de Proyecto para analizar el caso y discutir si es necesario ajustar el monto de los honorarios previamente establecidos para dicha actividad. Se debe de tomar en cuenta que en el país no existe experiencia en el desarrollo de máquinas liofilizadoras, por lo tanto no es posible contratar el diseño a una compañía o contratista externo. El riesgo de diseño será transferido al contratista al exigirle entregar un diseño funcional de la misma. Cabe señalar que esto podría aumentar los costos pues el contratista podría agregar un margen de contingencia al precio de sus servicios.

Para realizar el cobro por los servicios, cada recurso deberá de llenar la plantilla del orden de entregables mostrado en el apéndice 12, el administrador de proyectos revisa la orden y valida que se hayan cumplido con las actividades referidas en la orden de entregables y el Gerente General autorizará el pago.

5.10.6 Control de adquisiciones.

Para mantener un mayor control sobre las adquisiciones que realice la empresa se implementa una lista llamada registro de las adquisiciones, básicamente enlista cada compra de bien, servicio y pago de entregable en un solo documento, el administrador del proyecto debe de estar actualizando el documento cada vez que una solicitud de orden sea recibida, de esta forma se mantiene un mayor seguimiento y trazabilidad sobre en qué se está invirtiendo cada vez que la empresa aprueba un pago relacionado al proyecto. La plantilla para el registro de adquisiciones se puede observar en el apéndice 13.

5.10.7 Cierre de adquisiciones.

El proceso de cierre de adquisiciones permite documentar los acuerdos y la información relacionada a los productos o servicios adquiridos para futuras referencias. El administrador de proyectos será el encargado de guardar las facturas, órdenes de compra y de servicios, además de documentar y actualizar cada adquisición en el registro de adquisiciones. El cierre de contrato de alguno de los ingenieros se puede dar cuando hayan cumplido con cada uno de sus entregables o por razones externas las cuales deberán de resolverse entre las dos partes afectadas por medios legales las cuales no serán abarcadas en este proyecto de graduación.

6 Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del proceso de análisis de la situación actual y del proceso de desarrollo del plan de gestión del proyecto “Desarrollo de una máquina liofilizadora para la empresa ATECSA”.

6.1 Conclusiones

- La empresa ATECSA no cuenta con procesos, herramientas ni de metodologías estandarizadas relacionadas a la administración de proyectos, utilizan procesos informales para la realización de proyectos.
- El estudio de factibilidad financiera realizada sobre el proyecto indica que el diseño de una máquina liofilizadora, basado en los requerimientos solicitados, tiene un Valor Actual Neto y un tiempo de recuperación más favorable que los indicadores para la compra de una máquina prefabricada.
- La ingeniería en sistemas incorpora procesos para el levantamiento y análisis de requisitos que permiten la traducción de necesidades de negocio y de proyectos con requerimientos multidisciplinarios en especificaciones y actividades que el equipo de trabajo pueda entender y ejecutar.
- El plan de gestión del proyecto para el desarrollo de una máquina liofilizadora para la empresa ATECSA, comprende los planes necesarios para nueve áreas de conocimiento propuestas por el PMI en su guía metodológica, las cuales incluyen: integración, alcance, costo, tiempo, riesgo, calidad, recursos humanos, comunicaciones y adquisiciones.
- La aplicación de procesos, herramientas y plantillas de la administración de proyectos en el plan de gestión para el desarrollo de una máquina liofilizadora para la empresa ATECSA, permite el desarrollo gradual del proyecto en forma ordenada y con líneas bases definidas que permitirán al líder del proyecto un mejor manejo de las actividades necesarias para cumplir con los requerimientos del proyecto.

6.2 Recomendaciones

- Realizar una actualización en el plan del alcance propuesto, prioritariamente en el momento en que se complete la adquisición del equipo del proyecto para analizar y recibir realimentación sobre consideraciones técnicas que falten o que se necesiten modificar utilizando el juicio experto del personal contratado.
- El plan de comunicación para un proyecto que depende de subcontrataciones a nivel de servicios profesionales puede definir el éxito o fracaso del proyecto, se recomienda especificar en la oferta de trabajo el cumplimiento de las estrategias de comunicación tabuladas en la matriz de las comunicaciones.

Referencias bibliográficas

ATECSA. (2012). *Plan Empresarial*. San Jose.

Bernal, C. A. (2000). *Metodología de la Investigación para la Administración y Economía* 1era Edición. Bogota: Pearson Education de Colombia, Ltda.

BKCASE Editorial Board. (7 de Marzo de 2015). *The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK) v1.3*. Obtenido de Sebokwiki Web site: http://sebokwiki.org/w/downloads/SEBoKv1.3_full.pdf

Brealey, R., & Myers, S. (2010). *Principios de las Finanzas Corporativas* 9na Edición. México: McGraw-Hill.

Chamoun, Y. (2002). *Administración Profesional de Proyectos* 1era Edición. México: McGraw-Hill.

Defense Acquisition University Press. (8 de Marzo de 2015). *Systems Engineering Fundamentals*. Obtenido de Defense Acquisition University Web site: <http://www.dau.mil/publications/publicationsDocs/SEFGuide%2001-01.pdf>

Gitman, L. J. (2007). *Principios de la Administración Financiera* 11va Edición. México: Pearson Education.

Heagney, J. (2011). *Fundamentals of Project Management* 4th Edition. New York: AMACOM Books.

Hernández Sampieri, R. F. (2006). *Metodología de la Investigación* 4ta Edición. México: McGraw-Hill.

International Council of Systems Engineering. (29 de Marzo de 2015). *System Engineering Handbook v3.1*. Obtenido de INCOSE Web site: <http://www.incose.org/ProductsPubs/products/sehandbook.aspx>

Kerzner, H. (2010). *Project Management: Best Practices Achieving Global Excellence* 2nd Edition. New York: John Wiley & Sons.

Medina, R. M., & Rodriguez, O. P. (2008). *Diseno y Contruccion de un Liofilizador Piloto para el Estudio de Procesos de Hidratacion y Conservacion de Productos Agroindustriales Mediante Secado al Vacio*. Bucaramanga: Universidad Estatal de Santander.

Mishra, R. C. (2005). *Modern Project Management* 1st Edition. New Delhi: New Age International.

PMI. (2013). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. 5ta Edición. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.

Sanghera, P. (2009). *Project Management Professional Study Guide* 2nd Edition. Boston, Massachusetts: Course Technology.

Terroni (21 de Junio del 2015). *Manual básico de liofilización*. Obtenido de : <http://api.ning.com/files/r36cjGKKUjHiYZQH-NMo80UEkCPVAiIYsidNyI15yUYIQDCH8ViroxVYM2-kcxgYLQl1ef39s4YBgbVCytr-kKVgvtRESq2U/ManualdeliofilizacinEsp..pdf>

Navas Ramirez y Sebastian Juan. (2006). *Liofilizacion de Alimentos*. Revista RECITEIA, Dic, 2006, vol. 6, no. 2. Colombia.

Apéndice 1 Entrevista: Situación actual en gestión de proyectos

Entrevista	Cargo: Líder del proyecto
Fecha: 11/03/2015	Entrevistado: Diego Robles
Preguntas	Respuestas
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Existe alguna metodología de administración de proyectos en ATECSA? 	No
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué entiende usted por áreas de conocimiento de un proyecto? 	Sí conoce de las áreas de conocimientos de PMBoK®.
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Posee la empresa, plantillas estandarizadas para cada uno de los planes relacionados con las áreas del conocimiento? 	No
<ul style="list-style-type: none"> • ¿La gestión de los proyectos de ATECSA sigue una serie de procesos estandarizados? (Si la respuesta es negativa, no es necesario realizar la lista de verificación) 	No

<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los activos de la organización en cuanto a Administración de Proyectos? 	<p>1 diplomado en administración de proyectos</p>
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué formación profesional y/o técnica tiene la persona que va a liderar el proyecto? 	<p>Ingeniero en Electrónica y diplomado en administración de proyectos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué experiencia tiene el líder del proyecto en administración de proyectos? 	<p>El líder del proyecto ha tenido más de 5 años de experiencia en la ejecución de proyectos de software/hardware de empleos anteriores, pero nunca ha sido gerente o líder del proyecto.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué entrenamientos relacionados a la administración de proyectos ha recibido el personal de ATECSA? 	<p>ATECSA en una manufacturera de alimentos y no se dedican a la ejecución de proyectos para subsistir. La mayoría de los proyectos realizados son considerados como de adquisición de equipo. Solo el líder del proyecto tiene entrenamiento básico en gestión de proyectos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Posee información histórica sobre proyectos que se realizaron o bien están por realizarse? 	<p>La empresa posee información de cotizaciones de equipo y documentos técnicos.</p>

<ul style="list-style-type: none">• ¿Existe alguna ley o normativa del estado en la cual su proyecto deba implementarse para poder llevarse a cabo?	No
<ul style="list-style-type: none">• ¿Cuáles son las oportunidades de mejora en la administración de proyectos para su organización?	Se considera que es necesario cursos generales para recordar conceptos básicos en administración de proyectos relacionados al ciclo de vida, procesos y áreas de conocimiento.
<ul style="list-style-type: none">• ¿Cuáles son los tipos de contratos que gestionara la empresa durante el proyecto?	Para la contratación de recurso humano se utilizara la modalidad de contrato por servicios profesionales para el proyecto.

Apéndice 2 Lista de verificación: Grupos de procesos disponibles

Nombre del Proceso	¿Disponible?	¿Plantilla estandarizada?
Inicio		
Desarrollo del Acta de Constitución.		
Identificación de Interesados.		
Planificación		
Plan de gestión del proyecto.		
Plan de gestión del alcance.		
Recolección de Requerimientos		
Definición de Alcance.		
Definición de Tareas y entregables. (WBS)		
Plan de gestión del cronograma		
Definición de actividades.		
Secuencia de actividades.		

Estimación de actividades de los recursos.		
Estimación de duración de las actividades.		
Desarrollo de calendario.		
Plan de gestión del costo		
Estimación de costos.		
Determinación de presupuesto.		
Plan de gestión de calidad		
Plan de gestión de recursos humanos		
Identificación de riesgos.		
Desarrollo de análisis cualitativo de riesgos.		
Respuestas al plan de riesgos.		
Plan de gestión de las adquisiciones.		
Plan de gestión de los interesados.		
Ejecución		

Dirección y manejo de proyectos en ejecución.		
Realizar aseguramiento de la calidad		
Conformar el equipo de proyecto		
Desarrollar el equipo de proyecto		
Manejar el equipo de proyecto		
Manejar las comunicaciones		
Realizar las adquisiciones		
Manejo de expectativas de los interesados		
Seguimiento y control		
Monitoreo y control del trabajo de los proyectos		
Control integrado de cambios		
Validar el alcance		
Seguimiento y control		

Monitoreo y control del trabajo de los proyectos		
Control integrado de cambios		
Validar el alcance		
Control de calidad		
Controlar el alcance		
Control del cronograma		
Control de costos		
Control de las comunicaciones		
Control de riesgos		
Control de adquisiciones		
Control del compromiso de los interesados.		
Cierre		
Cierre de adquisiciones.		
Cierre del proyecto.		

Apéndice 3 Entrevista: Cuestionario sobre el producto

Entrevista	Cargo: Líder del proyecto
Fecha: 11/03/2015	Entrevistado: Diego Robles
Preguntas	Respuestas
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las restricciones de tiempo del proyecto? 	<p>El concurso para cada puesto se enviara en Julio del 2015. La ejecución del proyecto debe de empezar en Septiembre del 2015 y el cierre del proyecto debe de ser en Enero del 2016. Diseños: 2 meses. Construcción:2 meses</p>
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las restricciones presupuestarias del proyecto? 	<p>El proyecto no debe de superar los 16.000.000 de colones.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los requerimientos de calidad del proyecto? 	<p>El diseño de cada área de la arquitectura del proyecto deberá de poder ser simulado por computador antes de su construcción física. Los entregables físicos de la etapa eléctrica y electrónica deben de demostrar su funcionalidad en forma independiente. Cuando las etapas se integren para formar la liofilizadora, la máquina debe de cumplir con las condiciones acordadas en el levantamiento de requisitos.</p>

<ul style="list-style-type: none">• ¿Posee un estudio de factibilidad que demuestre que vale la pena el diseño en lugar de la compra del producto?	No existe.
<ul style="list-style-type: none">• ¿Cuáles son los requerimientos del producto?	Ver la lista de requerimientos en el Apéndice 4.

Apéndice 4 Lista de requerimientos

Conjunto de Requisitos del Proyecto	
Participantes del acuerdo:	
Victor Chan Cheng	
Diego Robles Morales	
ID Referencia	Requisitos Funcionales del Producto
RQF1	La máquina diseñada debe de realizar los mismos procesos de liofilización disponibles en las máquinas actuales.
RQF2	La máquina diseñada debe de operar en vacío, soportando una presión entre 13.3 Pa y 200 Pa.
RQF3	La máquina liofilizadora debe de tener un sistema de potencia eficiente que permita un ahorro de al menos el 10% del consumo eléctrico por mes comparado a las máquinas actuales.
RQF4	La máquina diseñada debe de tener una interfaz de usuario similar a la disponible en las máquinas actuales.
RQF5	Para liofilizar un lote de 250 paquetes de Kilwó, la máquina diseñada debe de durar un máximo de 2 días en comparación a los 200 paquetes que dura en un mismo periodo de tiempo las máquinas actuales
ID Referencia	Requisitos Estructurales del Producto

RQE1	Construcción de la estructura externa física para la máquina diseñada debe ser similar a la de las máquinas actuales
RQE2	Construcción del compensador para la máquina diseñada debe ser similar a la de las máquinas actuales
RQE3	Construcción del sistema de refrigeración para la máquina diseñada debe ser similar a la de las máquinas actuales
RQE4	Construcción de la recámara del producto debe de tener las siguientes medidas 2mx1.75mx0.5m.
ID Referencia	Requisitos del Proyecto
RQP1	El costo de la ejecución del proyecto no debe de superar un presupuesto de 19.000.000 de colones.
RQP2	Entrega de un plan de gestión que permita administrar el proyecto.
RQP3	El plan de gestión debe de estar aprobado para el 1 de Julio del 2015
RQP4	La ejecución del proyecto debe de iniciar el 1 de Julio del 2015 y terminar en Enero del 2016
RQP5	Construcción de la etapa de potencia para la máquina diseñada.
RQP6	Construcción de la interfaz de usuario para la máquina diseñada.
RQP7	Integración de las etapas mecánica, electrónica y eléctrica para formar la estructura física de la máquina liofilizadora diseñada.

Apéndice 5 Plantilla del Acta de Constitución del proyecto

CONTROL DE VERSIONES					
Versión	Hecha por	Revisada por	Aprobada por	Fecha	Motivo

NOMBRE DEL PROYECTO	SIGLAS DEL PROYECTO
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO: <i>QUÉ, QUIÉN, CÓMO, CUÁNDO Y DÓNDE?</i>	

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO DEL PROYECTO: <i>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, SERVICIO O CAPACIDAD A GENERAR.</i>

--

<p>DEFINICIÓN DE REQUISITOS DEL PROYECTO: <i>DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES, NO FUNCIONALES, DE CALIDAD, ETC., DEL PROYECTO/PRODUCTO</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> •

<p>OBJETIVOS DEL PROYECTO: <i>METAS HACIA LAS CUALES SE DEBE DIRIGIR EL TRABAJO DEL PROYECTO EN TÉRMINOS DE LA TRIPLE RESTRICCIÓN.</i></p>		
CONCEPTO	OBJETIVOS	CRITERIO DE ÉXITO
1. ALCANCE		
2. TIEMPO		
3. COSTO		
<p>FINALIDAD DEL PROYECTO: <i>FIN ÚLTIMO, PROPÓSITO GENERAL, U OBJETIVO DE NIVEL SUPERIOR POR EL CUAL SE EJECUTA EL PROYECTO. ENLACE CON PROGRAMAS, PORTAFOLIOS, O ESTRATEGIAS DE LA ORGANIZACIÓN.</i></p>		

<p>JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO: <i>MOTIVOS, RAZONES, O ARGUMENTOS QUE JUSTIFICAN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.</i></p>

<i>JUSTIFICACIÓN CUALITATIVA</i>	<i>JUSTIFICACIÓN CUANTITATIVA</i>

DESIGNACIÓN DEL PROJECT MANAGER DEL PROYECTO		
<i>NOMBRE</i>		<i>NIVELES DE AUTORIDAD</i>
<i>REPORTA A</i>		
<i>SUPERVISA A</i>		

CRONOGRAMA DE HITOS DEL PROYECTO	
<i>HITO O EVENTO SIGNIFICATIVO</i>	<i>FECHA PROGRAMADA</i>

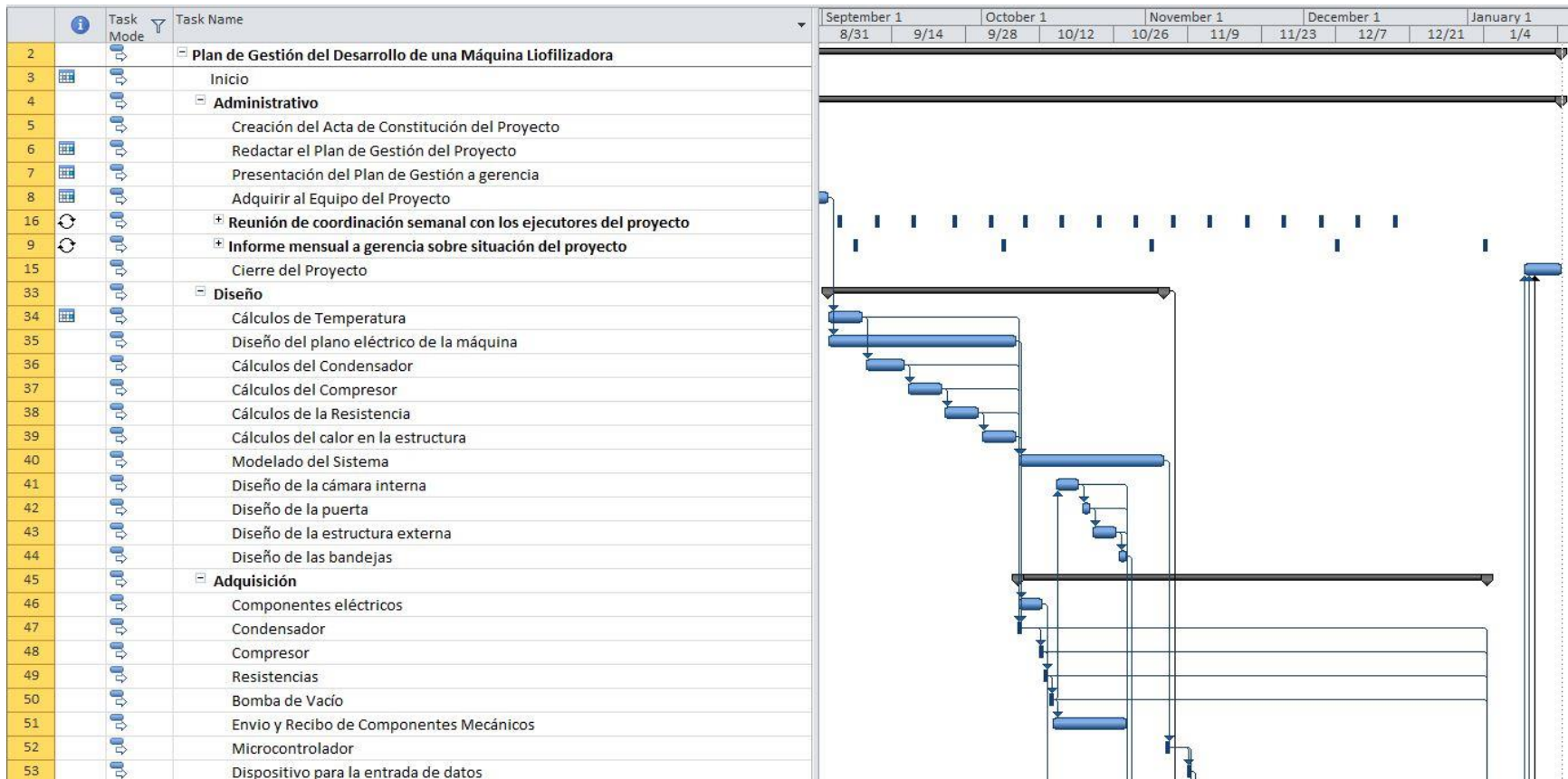
ORGANIZACIONES O GRUPOS ORGANIZACIONALES QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO	
<i>ORGANIZACIÓN O GRUPO ORGANIZACIONAL</i>	<i>ROL QUE DESEMPEÑA</i>

PRINCIPALES AMENAZAS DEL PROYECTO <i>(RIESGOS NEGATIVOS)</i>
PRINCIPALES OPORTUNIDADES DEL PROYECTO <i>(RIESGOS POSITIVOS)</i>

PRESUPUESTO PRELIMINAR DEL PROYECTO:	
<i>CONCEPTO</i>	<i>MONTO (C)</i>
<i>TOTAL PRESUPUESTO</i>	0

SPONSOR QUE AUTORIZA EL PROYECTO			
<i>NOMBRE</i>	<i>EMPRESA</i>	<i>CARGO</i>	<i>FECHA</i>

Apéndice 6 Cronograma






Apéndice 7 Flujo efectivo para una máquina comprada

Máquina comprada			Tasa Tributaria	Vida util	Depreciacion Maquina comprada
Valor mercado	€10,800,000		20%	5	€2,210,000
Instalacion electrica	€250,000		Inflacion		
Inversion inicial	€11,050,000		5.13%		
Flujos contables maq comprada					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	€27,936,000	€27,936,000	€27,936,000	€27,936,000	€27,936,000
Inflacion ventas (5.13%)	€29,369,117	€30,875,752	€32,459,679	€34,124,860	€35,875,465
Depreciacion	€2,210,000	€2,210,000	€2,210,000	€2,210,000	€2,210,000
Utilidad antes de gastos	€27,159,117	€28,665,752	€30,249,679	€31,914,860	€33,665,465
Gastos	€11,983,650	€11,983,650	€11,983,650	€11,983,650	€11,983,650
Salarios	€13,428,549	€13,428,549	€13,428,549	€13,428,549	€13,428,549
Inflacion gastos y salarios (5.13%)	€26,715,845.16	€28,086,368.02	€29,527,198.70	€31,041,943.99	€32,634,395.71
Utilidad antes de impuestos	€443,271.64	€579,384.48	€722,479.90	€872,916.12	€1,031,069.72
impuestos 20%	-€88,654.33	-€115,876.90	-€144,495.98	-€174,583.22	-€206,213.94
Depreciacion	€2,210,000	€2,210,000	€2,210,000	€2,210,000	€2,210,000
Flujos netos	€2,564,617.31	€2,673,507.58	€2,787,983.92	€2,908,332.89	€3,034,855.77
Periodo recuperacion (Pr)	Periodo de recuperacion real (PR)				
Pr	3.955102257	PR	4.038077029	años	
			€0.04		
Calculo de VAN					
Desflatacion de flujos	€2,439,472	€2,418,957	€2,399,442	€2,380,880	€2,363,223
Descuento del Costo Capital	€2,388,361	€2,318,656	€2,251,763	€2,187,530	€2,125,815
VAN	€222,126	VAN positivo			
Indice de deseabilidad (Id)	1.020101908	Id positivo se recupera 0,020 colones de 1 colon invertido			
TIR					
Io	-€11,050,000				
F1	€2,388,361.44				
F2	€2,318,656.34				
F3	€2,251,763.17				
F4	€2,187,530.13				
F5	€2,125,815.00				
	1%	Rentabilidad positiva del 1%			

Apéndice 8 Flujo efectivo para una máquina diseñada

Máquina diseñada			Tasa Tributaria	Vida util	Depreciacion Maquina comprada
Valor mercado			20%	5	€3,800,000
Instalacion electrica			Inflacion		
Inversion inicial	€19,000,000		5.13%		
Flujos contables maq comprada					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	€34,920,000	€34,920,000	€34,920,000	€34,920,000	€34,920,000
Inflacion ventas (5.13%)	€36,711,396	€38,594,691	€40,574,598	€42,656,075	€44,844,332
Depreciacion	€3,800,000	€3,800,000	€3,800,000	€3,800,000	€3,800,000
Utilidad antes de gastos	€32,911,396	€34,794,691	€36,774,598	€38,856,075	€41,044,332
Gastos	€14,941,223	€14,941,223	€14,941,223	€14,941,223	€14,941,223
Salarios	€13,428,549	€13,428,549	€13,428,549	€13,428,549	€13,428,549
Inflacion gastos y salarios (5.13%)	€29,825,141.13	€31,355,170.87	€32,963,691.13	€34,654,728.49	€36,432,516.06
Utilidad antes de impuestos	€3,086,254.87	€3,439,519.75	€3,810,907.11	€4,201,346.64	€4,611,815.73
impuestos 20%	-€617,250.97	-€687,903.95	-€762,181.42	-€840,269.33	-€922,363.15
Depreciacion	€3,800,000	€3,800,000	€3,800,000	€3,800,000	€3,800,000
Flujos netos	€6,269,003.90	€6,551,615.80	€6,848,725.69	€7,161,077.32	€7,489,452.58
Periodo recuperacion (Pr)		Periodo de recuperacion real (PR)			
Pr	2.768075327	PR	2.902267164	años	
			0.902267164		
Calculo de VAN					
Desinflacion de flujos	€5,963,097	€5,927,821	€5,894,267	€5,862,349	€5,831,990
Descuento de Costo Capital	€5,838,160	€5,682,028	€5,531,491	€5,386,272	€5,246,111
VAN	€8,684,063	VAN positivo			
Indice de deseabilidad (Id)	1.457055945	Id positivo se recupera 0,45 colones de 1 colon invertido			
TIR					
Io	-€19,000,000				
F1	€5,838,160.39				
F2	€5,682,028.21				
F3	€5,531,491.10				
F4	€5,386,272.12				
F5	€5,246,111.13				
	14%	Rentabilidad del 14%			

Apéndice 9 Plantilla de fichas de calidad

	Ficha de indicador				
	Indicador	Siglas	Código	Versión	
			FI		0
	Revisado por				
	Aprobado por				
Fecha de Aprobación					
Criterio					
Objetivo del indicador					
Fuentes de información					
Responsable del indicador					
Fórmula de cálculo					
Representación gráfica de cumplimiento	Desempeño Sobresaliente	Desempeño Satisfactorio	Desempeño Deficiente	Resultado Obtenido	
					
Rango					

Apéndice 10 Plantilla de orden de compra

Orden de Compra				
Solicitante			Proveedor	
Nombre			Nombre	
Código de Especificación			Dirección física	
Código de Actividad				
Validación (Reservado para el Administrador del Proyecto)			Teléfono	
Revisado por			Página web	
Aprobado ()	Rechazado ()	Razón de Rechazo:		Notas
Fecha de Revisión				
Código de Compra				
Material				
Nombre del Material		Costo total		
Breve Descripción			Firma del Solicitante	
Fecha de realización de pedido			Firma del	
Fecha de recibo de pedido			Validador	


Apéndice 11 Plantilla de orden de servicio

Orden de Servicio					
Solicitante			Proveedor		
Nombre				Nombre	
Código de Especificación				Dirección física	
Código de Actividad				Teléfono	
Validación (Reservado para el Administrador del Proyecto)				Página web	
Revisado por				Notas	
Aprobado ()	Rechazado ()	Razón de Rechazo:			
Fecha de Revisión					
Código de Compra					
Material					
Nombre del Servicio		Costo total			
Breve Descripción				Firma del Solicitante	
Fecha de realización de pedido				Firma del	
Fecha de recibo de pedido				Validador	

Apéndice 12 Plantilla de orden de entregable

Orden de Entregable		
Solicitante		
Nombre		
Códigos de Actividades realizadas		
Horas invertidas		
Costo Total		
Notas		
Validación (Reservado para el Administrador del Proyecto)		
Revisado por		
Aprobado ()	Rechazado ()	Razón de Rechazo:
Fecha de Revisión		
Código de Compra		
Fecha de realización de pedido		
Fecha de entrega de pago		
Firma del Solicitante		
Firma del Validador		

Apéndice 14 Plantilla de solicitud de cambio

 ATECSA	Solicitud de Cambio		
	Solicitante		
	Cambio Solicitado		
	Fecha de Solicitud:		
	Códigos de Especificación afectados		
	Códigos de Actividad afectados		
Validación Administrativa			
Revisado por		Razón de Rechazo:	
Aprobado ()	Rechazado ()		
Fecha de Revisión			
Validación Ejecutora			
Nombre de Recurso afectado		Razón de Rechazo:	
Aprobado ()	Rechazado ()		
Fecha de Revisión			
Firma del Solicitante		Código de Cambio	
Firma del Validador Administrativo		Fecha de Aprobación	

Apéndice 16 Sujetos de información

Entre los involucrados durante el desarrollo de la investigación y tomados en cuenta como sujetos de información se pueden considerar a las siguientes personas y su respectivo cargo:

Cargo	Nombre
Ingeniero de proyectos	Diego Robles
Ingeniero consultor en el área mecánica	Álvaro Martínez
Ingeniero consultor en el área eléctrica	Jose Campos
Ingeniero consultor en el área electrónica	Diego Alvarado
Gerente general	Alberto Robles

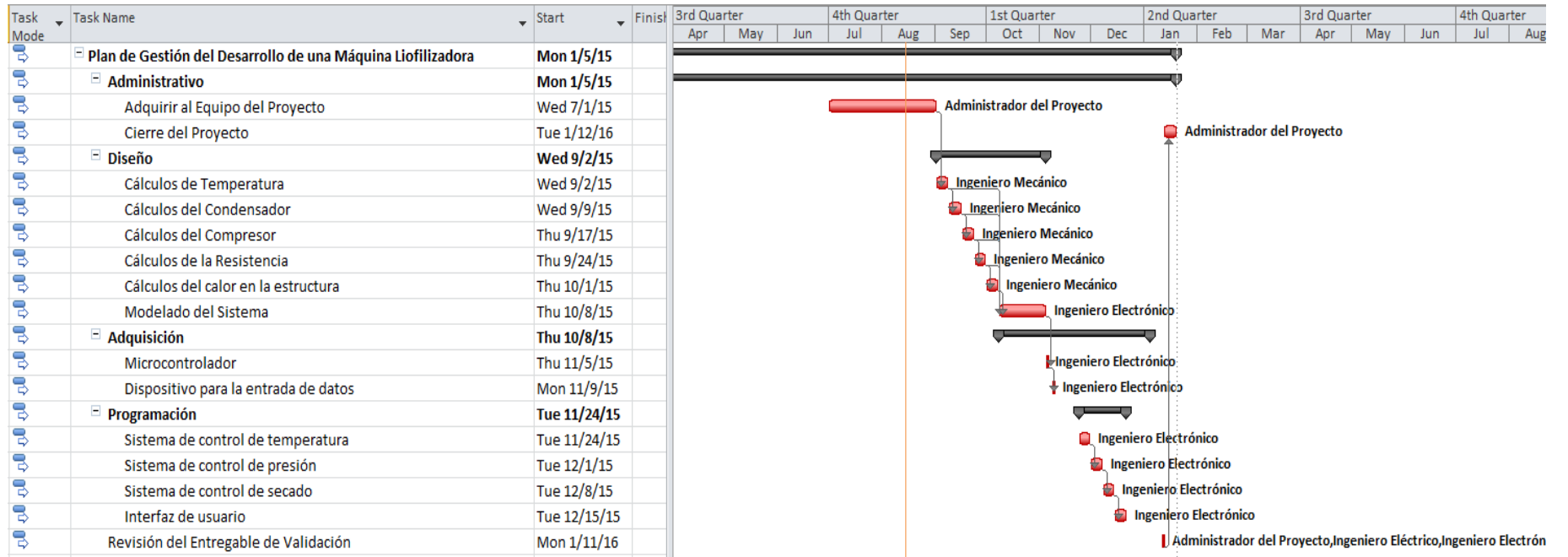
Apéndice 18 Diccionario del EDT

Código EDT	Paquete de trabajo	Descripción	Responsable
1	Plan de gestión	Plan de gestión del proyecto	Administrador de proyectos
1.1	Administrativo	Paquete de trabajo del grupo administrativo	
1.1.1	Acta de constitución del proyecto	Creación del documento que autorice la realización del proyecto	Administrador de proyectos
1.1.2	Plan de gestión del proyecto	Redacción del plan de gestión del proyecto	Administrador de proyectos
1.1.3	Presentación del plan de gestión a gerencia	Presentación formal del plan de gestión del proyecto a gerencia	Administrador de proyectos
1.1.4	Adquirir al equipo del proyecto	Realizar entrevistas y contrataciones para formar el equipo del proyecto	Administrador de proyectos
1.1.5	Reunión semanal	Reunión de coordinación semanal con los ejecutores del proyecto	Administrador de proyectos
1.1.6	Informe mensual	Informe mensual a gerencia sobre situación del proyecto	Administrador de proyectos
1.1.7	Revisión de entregables	Reunión con el equipo de trabajo para revisión de entregables	Administrador de proyectos
1.1.8	Cierre del proyecto	Reunión final para el cierre oficial del proyecto	Equipo del proyecto
1.2	Adquisición	Paquete de trabajo del grupo de adquisición	
1.2.1	Condensador	Adquisición del componente mecánico: condensador	Ing. Mecánico
1.2.2	Compresor	Adquisición del componente mecánico: compresor	Ing. Mecánico
1.2.3	Resistencias	Adquisición del componente eléctrico: resistencias	Ing. Eléctrico
1.2.4	Bomba de vacío	Adquisición del componente mecánico: bomba de vacío	Ing. Mecánico
1.2.5	Componentes eléctricos	Adquisición del componente eléctricos genéricos	Ing. Eléctrico
1.2.6	Microcontrolador	Adquisición del componente electrónico: microcontrolador	Ing. Electrónico

Código EDT	Paquete de trabajo	Descripción	Responsable
1.2.7	Dispositivo para la entrada de datos	Adquisición del componente electrónico: display y teclado	Ing. Electrónico
1.2.8	Componentes para la instalación eléctrica	Adquisición del componente eléctrico (cable, breaker, etc.)	Ing. Eléctrico
1.3	Construcción	Paquete de trabajo del grupo de construcción	
1.3.1	Estructura eléctrica de la máquina	Construcción de la etapa de potencia de la máquina	Ing. Eléctrico
1.3.2	Circuito impreso	Construcción del circuito impreso que integre el microcontrolador y la entrada de datos	Ing. Electrónico
1.3.3	Cámara interna	Construcción de la cámara interna de la máquina	Ing. Mecánico
1.3.4	Puerta	Construcción de la puerta de la máquina	Ing. Mecánico
1.3.5	Estructura externa	Construcción de la estructura externa de la máquina	Ing. Mecánico
1.3.6	Bandejas	Construcción de las bandejas de la máquina	Ing. Mecánico
1.3.7	Rama eléctrica	Construcción de una nueva rama eléctrica para instalar la máquina	Ing. Eléctrico
1.3.8	Ensamblaje	Ensamblaje de todas las partes mecánicas, eléctricas y electrónicas de la máquina	Equipo del proyecto
1.4	Diseño	Paquete de trabajo del grupo de diseño	
1.4.1	Temperatura	Cálculos de valores máximos y mínimos de temperatura que utilizará la máquina	Ing. Mecánico
1.4.2	Condensador	Cálculos para el condensador que soportará la máquina	Ing. Mecánico
1.4.3	Compresor	Cálculos para el compresor que soportará la máquina	Ing. Mecánico
1.4.4	Resistencia	Cálculos para la resistencia que soportará la máquina	Ing. Mecánico
1.4.5	Calor en la estructura	Cálculos para el grosor de la máquina basado en la temperatura que debe soportar	Ing. Mecánico

Código EDT	Paquete de trabajo	Descripción	Responsable
1.4.6	Modelado del Sistema	Actividad que permite modelar la estructura de la máquina en términos matemáticos	Ing. Electrónico
1.4.7	Plano eléctrico	Diseño del plano eléctrico de la máquina	Ing. Eléctrico
1.4.8	Cámara interna	Diseño de la cámara interna de la máquina en formato CAD	Ing. Mecánico
1.4.9	Puerta	Diseño de la puerta de la máquina en formato CAD	Ing. Mecánico
1.4.10	Estructura externa	Diseño de la estructura externa en formato CAD	Ing. Mecánico
1.4.11	Bandejas	Diseño de las bandejas en formato CAD	Ing. Mecánico
1.5	Programación	Paquete de trabajo del grupo de programación	
1.5.1	Sistema de control de temperatura	Programación del sistema de control de temperatura	Ing. Electrónico
1.5.2	Sistema de control de presión	Programación del sistema de control de presión	Ing. Electrónico
1.5.3	Sistema de control de secado	Programación del sistema de control de secado	Ing. Electrónico
1.5.4	Interfaz de usuario	Programación de la interfaz de usuario	Ing. Electrónico
1.6	Validación	Paquete de trabajo del grupo de validación	
1.6.1	Estructura eléctrica de la máquina	Puebas eléctricas del funcionamiento de la máquina	Ing. Eléctrico y administrador de proyectos
1.6.2	Circuito impreso construido	Puebas de la interfaz de usuario y del sistema de control de la máquina	Ing. Electrónico y administrador de proyectos
1.6.3	Funcionamiento final de la máquina	Puebas funcionales que demuestren los procesos de liofilización	Equipo de trabajo

Apéndice 19 Ruta crítica del cronograma



Apéndice 20 Reservas de contingencia

Riesgos	Probabilidad	Impacto en costos	Contingencia de riesgos	Razón del costo
Inviabilidad técnica para el desarrollo del alcance que exige la empresa	80%	¢606,825.00	¢485,460.00	Se necesitan 25 horas en la etapa de actividades de diseño para determinar si hay viabilidad
Una mala comunicación entre el equipo de trabajo	60%	¢364,095.00	¢218,457.00	Se consideró que se debe de realizar 16h extra para las reuniones de coordinación en caso de mala comunicación
Atrasos en la entrega de componentes por parte de los proveedores	20%	¢388,368.00	¢77,673.60	Retrabajo de 16h en las actividades de adquisición de componentes
Atrasos en la entrega de materiales por parte de los talleres	20%	¢1,405,073.50	¢281,014.70	Se estima que puede causar atraso de una quincena de producción
La dificultad en la contratación de recurso humano con el perfil ocupacional deseado	20%	¢2,910,147.00	¢582,029.40	Se estima que puede causar atraso de un mes de producción
Incumplimiento en tiempo y calidad de los ingenieros en sus entregables	60%	¢388,368.00	¢233,020.80	Retrabajo de 16h en las actividades de revisión de entregables
Errores y omisiones en la documentación técnica del proyecto (planos y especificaciones)	60%	¢291,276.00	¢174,765.60	Se estiman necesarias 12h para corregir documentación
La falta de experiencia en diseño del personal contratado	40%	¢534,006.00	¢213,602.40	Se estima que puede generar 22h extra en la etapa de diseño
Una mala administración de cambios al proyecto durante su ejecución	60%	¢485,460.00	¢291,276.00	Se estima que puede generar 20h extra en la etapa de diseño
Actividades no cubiertas por el alcance de las contrataciones en curso	60%	¢364,095.00	¢218,457.00	Se estiman necesarias 16h para corregir el plan del alcance
La ausencia o mala definición de criterios de revisión de entregables	40%	¢339,822.00	¢135,928.80	Retrabajo de 14 horas en las actividades del entregable de adquisición
Total			¢2,910,147.00	