

MODELO DE PLANIFICACIÓN PARA LA GESTIÓN DE ALCANCE DE
PROYECTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE EJECUCIÓN DE
MANUFACTURA. APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL SECTOR DE BEBIDAS
Y ALIMENTOS.

FABIAN ALONSO LARA VARGAS

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
MAESTRIA EN GESTIÓN DE PROYECTOS INFORMÁTICOS
2015

FABIAN ALONSO LARA VARGAS

TESIS DE GRADO

LUIS ALBERTO ESTEBAN VILLAMIZAR
LICENCIADO EN MATEMÁTICAS Y COMPUTACIÓN
MAGÍSTER EN INFORMÁTICA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
MAESTRIA EN GESTIÓN DE PROYECTOS INFORMÁTICOS
PAMPLONA NORTE DE SANTANDER
2015

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Pamplona Norte de Santander (día, mes, año) (Fecha de entrega)

Dedicatoria

Ejemplo: A Dios, mis padres y mi
esposa Linda Sofía

AGRADECIMIENTOS

A todo el cuerpo docente y discente de la Maestría, a mi director y a mis compañeros de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE ILUSTRACIONES	9
LISTA DE TABLAS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
1 GENERALIDADES	14
1.1 Planteamiento del problema	14
1.2 Justificación	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo General	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	17
2.1 Marco teórico	17
2.1.1 Estándares y guías para la gestión de proyectos	17
2.1.2 La gestión de alcance desde las metodologías de gestión de proyectos.	18
2.1.2.1 Metodología de gestión de proyectos PMBOK®	18
2.1.2.1 Norma ISO 10006	21
2.1.2.2 Norma ISO 21500	22
2.1.2.3 Metodología P2M	23
2.1.2.4 Metodología de Marco Lógico.	25
2.1.2.5 Metodología IPMA	26
2.1.2.6 Metodología PRINCE2	27
2.1.3 Sistemas de ejecución de manufactura MES	28
2.2 Estado del arte en la planificación de la gestión del alcance en proyectos de implementación de sistemas MES.	30
2.2.1 Situación cronológica.	30
2.2.2 Adelantos metodológicos de gestión de proyectos de implementación de sistemas MES.	30
2.2.3 Países e instituciones líderes en la gestión de proyectos de implementación de sistemas MES.	35
2.2.4 Principales autores	36
2.2.5 Casos de éxito.	36

2.2.6	Desarrollo Normativo en sistemas MES y gestión de implementación de sistemas MES.	37
3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.1	Diseño metodológico.	38
3.2	Metodología del trabajo	39
4	MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DE ALCANCE	41
4.1	Concepción del modelo	41
4.2	Estructura del modelo	42
4.3	Descripción del modelo	43
4.4	Descripción de las etapas del modelo	44
4.4.1	Etapa de inicio	44
4.4.2	Etapa de planificación del alcance	47
4.4.3	Etapa de validación del alcance	53
4.4.4	Etapa de control del alcance	53
4.5	Roles para la implementación de un sistema MES	53
5	VALIDACIÓN DEL MODELO DE PLANIFICACIÓN	55
5.1	Implementación de un secador de alimentos automatizado para aplicación en yuca.	55
5.1.1	Descripción del proyecto.	55
5.1.2	Lecciones aprendidas.	55
5.1.3	Registro fotográfico.	56
5.2	Implementación de un Sistema MES, aplicación SCADA de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana.	58
5.2.1	Descripción del proyecto.	58
5.2.2	Lecciones aprendidas.	59
5.2.3	Registro fotográfico.	59
5.3	Implementación de un secador de alimentos aplicado a la industria de alimentos	60
	Etapa de inicio	60
	Etapa de planificación del alcance	63
	Etapa de validación del alcance	66
	Etapa de control del alcance	66
	Roles para la implementación de un sistema MES	66
5.4	Comparaciones entre el proyecto piloto y los proyectos realizados anteriormente	66

6	CONCLUSIONES RESULTADOS Y TRABAJOS FUTUROS	68
6.1	Conclusiones	68
6.2	Resultados	69
6.3	Trabajos futuros	69
7	BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXO 1		76
ANEXO 2		79
ANEXO 3		80
ANEXO 4		82
ANEXO 5		83
ANEXO 6		85
ANEXO 7		86

Lista de ilustraciones

<i>Ilustración 1. Estándares de acuerdo a su orientación. Fuente Crawford 2004.</i>	18
<i>Ilustración 2. Grupo de procesos (PMI, 2013)</i>	19
<i>Ilustración 3. Áreas del conocimiento el PMBOK® Quinta edición</i>	19
<i>Ilustración 4. Componentes del subproceso de planificación de alcance según PMBOK® quinta edición.</i>	21
<i>Ilustración 5. Relación de procesos en P2M (Ohara, 2005)</i>	25
<i>Ilustración 6.Desglose analítico según Marco Lógico (Aldunate & Córdoba, 2011)</i>	26
<i>Ilustración 7. Procesos de Prince según OGC PRINCE2 (Turley, 2009).</i>	28
<i>Ilustración 8. Modelo Jerárquico según ISA 95 (ISA, 2010)</i>	29
<i>Ilustración 10. Fases para la implementación de un sistema MES (Christine Lesher, 2006).</i>	30
<i>Ilustración 9. Cuadro cronológico. Autor</i>	31
<i>Ilustración 11.Fases para la implementación de un sistema MES (Brandenburg, 2013).</i>	32
<i>Ilustración 12.Fases de un proyecto MES (Elliott, 2013).</i>	33
<i>Ilustración 13. Fases de un proyecto MES en TCS (M.A.Karani, 2005)</i>	34
<i>Ilustración 14.Fases de un proyecto MES en Cisco System (Ferrazzi, 2012).</i>	34
<i>Ilustración 15.Fases de un proyecto MES K&L (Knight & Lamb, 2006).</i>	35
<i>Ilustración 16.Implementación global MES basado en metodología ágil (Shrivastava, 2013)).</i>	36
<i>Ilustración 17. Constitución del modelo. Autor</i>	42
<i>Ilustración 18.Estructura del modelo. Autor</i>	43
<i>Ilustración 19. Modelo de planificación para la gestión de alcance. Autor.</i>	45
<i>Ilustración 20.Modelo por procesos. Autor.</i>	47
<i>Ilustración 21.Etapa de inicio. Autor</i>	47
<i>Ilustración 22. Proceso por excepción (Office Government Commerce, 2009).</i>	48
<i>Ilustración 23.Definición del alcance. Autor.</i>	50
<i>Ilustración 24. Método Bottom UP. Pmknowledgecenter</i>	51
<i>Ilustración 25. Método Top Down. Pmknowledgecenter</i>	51
<i>Ilustración 26.Sistema de control del secador. Autor.</i>	56
<i>Ilustración 27.Montaje mecánico. Autor.</i>	57
<i>Ilustración 28.Sistema secador de alimentos. Autor.</i>	57
<i>Ilustración 29. Pantalla MES. (Ariza, 2014).</i>	59
<i>Ilustración 30.Planta Térmica. (Ariza, 2014).</i>	60
<i>Ilustración 31. Estructura de desglose de trabajo .Autor.</i>	64
<i>Ilustración 32. Equipos de control para el proyecto. Autor.</i>	76
<i>Ilustración 33. Tablero de control.Autor.</i>	77
<i>Ilustración 34. SCADA de la aplicación sin incluir el nombre del Cliente.Autor.</i>	77
<i>Ilustración 35. Programación del PLC.Autor.</i>	77
<i>Ilustración 36. Montaje del equipo secador. Autor.</i>	78
<i>Ilustración 37. Pantalla MES local. Autor.</i>	78

Lista de tablas

<i>Tabla 1. Estándares en gerencia de proyectos. Fuente (Montes Guerra, 2013).</i>	18
<i>Tabla 3. Áreas y procesos en el PMBOK®. Fuente PMBOK® quinta edición.</i>	20
<i>Tabla 4. Subprocesos de la Norma 21500 (Zandhuis, 2013).</i>	23
<i>Tabla 5. Métodos para la creación de EDT. (Project Management Institute, 2006).</i>	51
<i>Tabla 6. Factores de cambio. (Combe, 2014).</i>	52

Resumen

Este proyecto a través de un análisis del estado del arte de la gestión de alcance de proyectos de implementación de sistemas de ejecución de manufactura (MES), propone un modelo de planificación que permita incluir la totalidad del trabajo necesario para la realización de un proyecto MES, aplicable al sector de bebidas y alimentos, que proporcione herramientas básicas para la determinación de los planes de gestión de alcance y de requisitos al equipo de trabajo de un proyecto MES. El modelo aquí propuesto se validó mediante la implementación de un proyecto piloto.

Abstract

This project through an analysis of the state of the art of the management of scope of projects of implementation of manufacture execution systems MES, proposes a planning model that allows include all the work necessary for the realization of a project MES applicable to food and beverage, to provide basic tools for determining the scope management plans and requirements to the team of a MES project. The model here proposed was validated through the implementation of a pilot project.

Introducción

Los sistemas de ejecución de manufactura MES (del inglés, *Manufacturing Execute System*), se definen como el nivel del modelo CIM (del inglés, *Computer Integrated Manufacturing*) que describe las actividades del flujo de trabajo necesarias para la producción, el manteniendo de registros de producción y la optimización de los procesos productivos (ISA, 2010) .

Los proyectos de implementación de sistemas MES demandan un gran esfuerzo de dirección y gestión, debido a que involucra a muchos departamentos dentro del entorno productivo de la planta. Por tanto resulta crucial una óptima planeación de las actividades, costos, tiempos y alcance del proyecto (Meyer, Fuchs, & Thiel, 2009). (MQA Consultores, 2012). Los retos que demandan los proyectos MES en cuanto a su implementación deben ser direccionados de forma ordenada a lo largo del proyecto, para garantizar su éxito y su sostenibilidad una vez implementado (Sandoval, 2010).

Este documento presenta un modelo para la planificación de la gestión de alcance en los proyectos de implementación de sistemas de ejecución de manufactura en el sector de bebidas y alimentos. El modelo puede entenderse como una herramienta conceptual y procedimental mediante la cual es posible elaborar los planes de gestión de alcance y gestión de requisitos. El modelo facilita identificación de los procesos que permiten la elaboración, mantenimiento y aprobación de las estructuras de desglose de trabajo, el tratamiento de las solicitudes y la priorización del cambio, entre otras actividades de la gestión de alcance.

1 Generalidades

En este capítulo se presenta el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos del proyecto de investigación, los cuales son aspectos que fundamentan y determinan el alcance del trabajo realizado.

1.1 Planteamiento del problema

La globalización de la economía asociada con el incremento de la eficiencia en la producción y la seguridad en los procesos entre otros, han aumentado la presión sobre los negocios industriales. Las industrias manufactureras buscan responder a los clientes con menores tiempos de entrega, tiempos más bajos de fabricación de productos y altos estándares de calidad. La administración de una planta de manufacturas, necesita apoyar sus procesos a través de sistemas de información que le permitan mantener alto niveles de competitividad frente a sus rivales comerciales. Los ERP (del inglés, *Enterprise Resource Planning*) ampliamente usados en el mercado industrial constituyen una importante herramienta administrativa, pero los nuevos sistemas deben incluir plataformas informáticas de planeación, registro y control que deben actuar y reaccionar en tiempo real, razón por la cual un sistema ERP no es suficiente frente a los nuevos retos de la industria. De la anterior necesidad nace el término MES (del inglés, *Manufacturing Execution System*) (Kletti, 2007). (Meyer, Fuchs, & Thiel, 2009) (Petri, 2013). La implementación de sistemas MES, se pueden considerar un proyecto, dado que son procesos que se dan en un espacio y tiempo determinado, que inician cuando la industria identifica la necesidad de mejorar sus procesos productivos de cara a un mercado más competitivo, y que terminan cuando la infraestructura software, hardware y de procesos, está instalada y es manejada adecuadamente por los empleados de una planta, especialmente de manufacturas. La falta de claridad en los alcances de un proyecto de implementación de sistemas MES, produce una constante demanda de cambios al proyecto resultando en sobrecostos, además de un alto grado de insatisfacción en la empresa contratante y en el contratista. La mala planeación de un proyecto de implementación de sistemas MES lleva a pérdidas financieras a la empresa contratante a causa no solo de los costos de ejecución del proyecto sino además de la disminución de la producción y rendimiento del negocio (Anisimov & Reshetnikov, 2010) (Anisimov & Reshetnikov, 2011) (Engelbrecht, 2008). Muchos proyectos de implementación de sistemas MES fracasan porque no fueron correctamente estructurados en su organización de trabajo por la dirección del mismo, pues esta solo se siente responsable de la asignación de recursos y personal, resultando en la mayoría de los casos en problemas de organización más que en problemas técnicos de implementación (Kletti, 2007). De igual manera, si no se definen con claridad los requisitos, no se puede determinar su alcance, ni

proporcionar una base sólida para la ejecución de un proyecto de implementación de sistemas MES (Project manager Alliance , 2013)

1.2 Justificación

Cuando se implementa un sistema MES en una planta, ésta sufre un cambio en su cultura organizacional, influenciando a cada uno de los colaboradores.

Por tanto resulta crucial una óptima planeación de las actividades, costos, tiempos y alcance del proyecto (Meyer, Fuchs, & Thiel, 2009) (MQA Consultores, 2012) (Kohn, 2000). Algunos problemas típicos en la implementación de sistemas MES, pueden ser resueltos usando técnicas comunes de gestión de proyectos (Anisimov & Reshetnikov, 2011). Lo anterior implica que se pueden usar metodologías de gestión que permitan el desarrollo de un modelo de planificación para la gestión de alcance, que mitigue los impactos en el problema de investigación.

Con base a la importancia que tienen los proyectos de implementación de sistemas MES como estrategia de desarrollo productivo de los países industrializados, además de la relevancia que están teniendo a nivel nacional, sin olvidar que el crecimiento de la producción real en Colombia en el 2012 fue nulo y considerando que la baja productividad en la industria del Departamento de Córdoba está relacionada con la deficiente transferencia y adopción de innovaciones tecnológicas y siendo la industria bebidas y alimentos una de las más relevantes en la región (Asamblea Departamental, 2012) (Fuentes & Garzon, 2013) (Christine Leshner, 2006) (Dirección Ejecutiva de Estudios Económicos (DEEE) – Banco Davivienda, 2013) (Gagelin, 2012)

; conlleva a la siguiente pregunta ¿ cómo debe ser la planificación para la gestión de alcance de un proyecto de implementación de sistemas MES, en una industria de alimentos y bebidas en el Departamento de Córdoba, que permita una mejor gestión de alcance, basándose en metodologías de dirección de proyectos de amplia aceptación a nivel internacional?.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo de planificación para la gestión de alcance de proyectos de implementación de sistemas de ejecución de manufactura que pueda ser validado en la industria del sector de bebidas y alimentos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Establecer el estado del arte de la planificación para la gestión de alcance de proyectos de sistemas de ejecución de manufactura.
- Desarrollar un modelo de planificación de gestión de alcance para proyectos de sistemas de ejecución de manufactura para la industria del sector de bebidas y alimentos.
- Validar el modelo propuesto de planificación de la gestión de alcance para proyectos de implementación de sistemas MES, mediante la aplicación y análisis de resultados en una empresa contratista de proyectos.

2 Marco teórico y estado del arte

En este capítulo se presenta el marco teórico en estándares de gestión de proyectos y en sistemas MES, además se realiza una revisión del estado del arte en modelos de planificación de alcance en la implementación de proyectos MES, los anteriores aspectos determinaron la creación del modelo de planificación, objeto del presente trabajo de investigación .

2.1 Marco teórico

2.1.1 Estándares y guías para la gestión de proyectos

El tema de gestión de proyectos está siendo analizado por diversas organizaciones en todo el mundo, aportando nuevos adelantos, que mejoran el grado de éxito de los proyectos. Cada organización presenta una propuesta que alimenta el cuerpo de conocimiento de la gestión de proyectos (Montes Guerra, 2013). A la fecha, se cuenta con propuestas formales tales como PRINCE2 (del inglés, *PRojects IN Controlled Environments*) enfocado en las organizaciones y de origen británico (Montes Guerra, 2013). (Office Government Commerce, 2009), PMBOK® (del inglés, Project Management Body of Knowledge) del Project Management Institute, orientado a proyectos y de origen estadounidense (PMI, 2013) (Montes Guerra, 2013)., el LFA(del inglés, *Logical Framework Approach*) de origen estadounidense (Alfaro, 2006), la ISO 10006: 2003 Directrices para la gestión de la calidad en proyectos (INTECO, 2009),el International Competence Baseline (ICB) de International Project Management Association (IPMA) de origen suizo (Hermarij, 2013) (Montes Guerra, 2013).,el Project Planning and Project Management (P2M) enfocado en las organizaciones y de origen japonés, de Project Management Association of Japan (PMAJ) (Montes Guerra, 2013)., (Ohara, 2005) (Ghosh, 2012) y la ISO 21500 (orientado a proyectos) (Zandhuis, 2013) . El conocimiento de cómo las metodologías ven a la gestión de alcance y en especial a la planificación de la misma, brinda la posibilidad del desarrollo de un modelo de planificación, más acorde para la implementación de sistemas MES. En la tabla 1, se puede observar estándares en dirección de proyectos, organizaciones y países. La gestión de proyectos es un disciplina en constante evolución, pero no está estandarizada debido a distintos puntos de vista existentes (Vásquez González, 2007). Los estándares en gestión de proyectos pueden clasificarse de acuerdo a su orientación, como se aprecia en la Ilustración 1.

Estándar	Organización	Pais
PMBOK®	PMI	USA
APMBOK	APM	REINO UNIDO
BS 6076	BSI	REINO UNIDO
ISO 21500	ISO	SUIZA
ICB	IPMA	SUIZA
P2M	PMAJ	JAPÓN
NCSPM	AIPM	AUSTRALIA
PMCDF	PMI	USA
SAQA	SAQA	SUDÁFRICA
ECITB	ECITB	REINO UNIDO
PRINCE2	OGC	REINO UNIDO

Tabla 1. Estándares en gerencia de proyectos. Fuente (Montes Guerra, 2013).

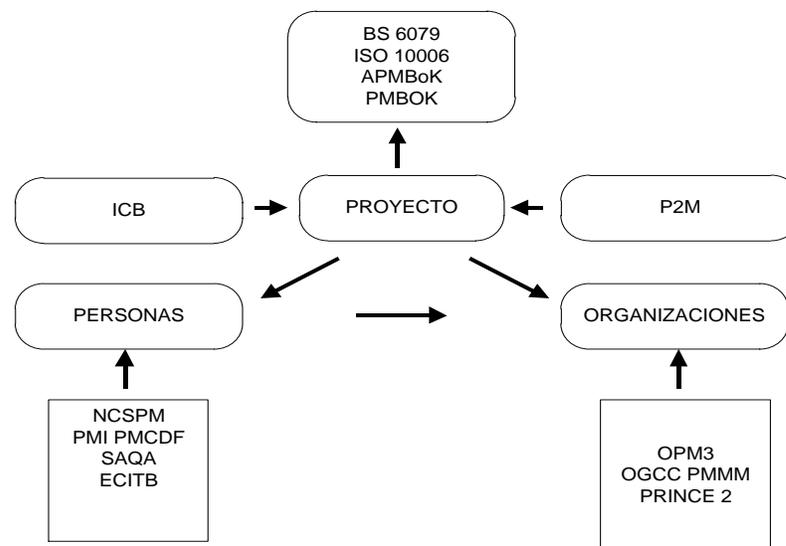


Ilustración 1. Estándares de acuerdo a su orientación. Fuente Crawford 2004.

2.1.2 La gestión de alcance desde las metodologías de gestión de proyectos.

2.1.2.1 Metodología de gestión de proyectos PMBOK®

El PMBOK® (Project Management Body of Knowledge) del PMI integra los lineamientos para dirigir proyectos, y establece la forma como las habilidades gerenciales deben emplearse para alcanzar los objetivos, además constituye un estándar para los diferentes tipos de industria (McCann, 2010) (Mulcahy, 2009). El PMBOK® se organiza la dirección de proyectos en 5 categorías de procesos o grupos de procesos que son:

- Grupo de procesos de inicio.
- Grupo de procesos de planificación.
- Grupo de procesos de ejecución.
- Grupo de procesos de monitoreo y control.
- Grupo de procesos de cierre.

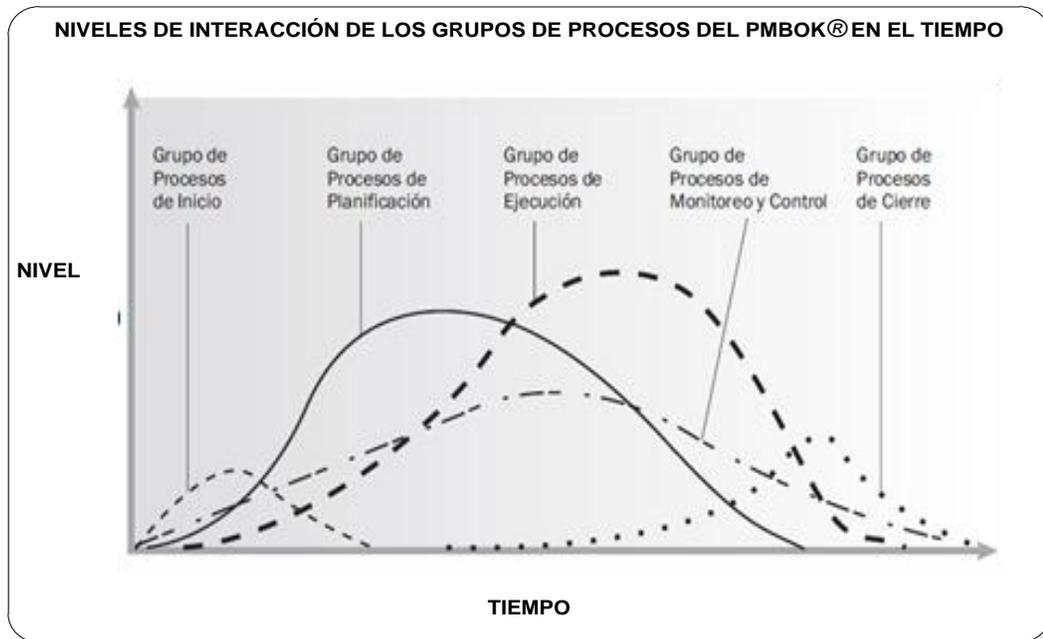


Ilustración 2. Grupo de procesos (PMI, 2013)

En la ilustración 2 se puede apreciar la relación que mantienen los grupos de procesos del PMBOK® en el tiempo, esto permite entender la importancia que tiene cada proceso a lo largo del ciclo de vida de un proyecto.

De igual manera y dado que el objetivo de toda guía para el cuerpo de conocimiento es estructurar el conocimiento de una disciplina, el PMBOK® describe 10 áreas del conocimiento de la dirección de un proyecto. Véase ilustración 3.

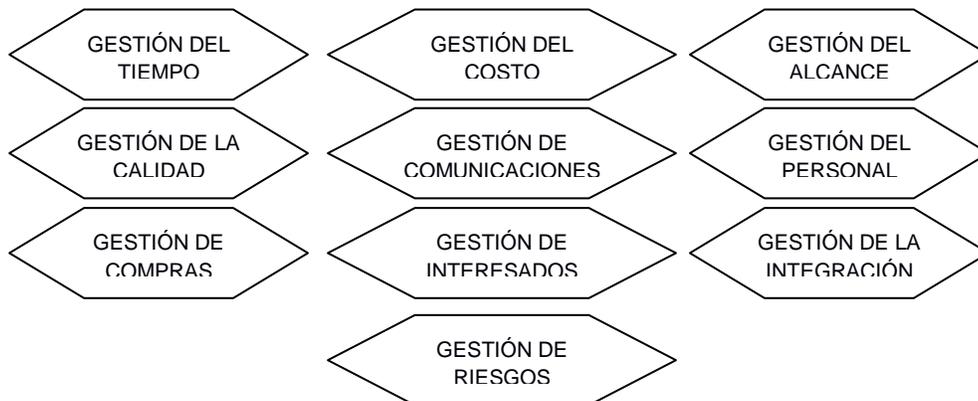


Ilustración 3. Áreas del conocimiento el PMBOK® Quinta edición

Al tener en cuenta las áreas de conocimiento y los grupos de procesos se tiene un conjunto estructurado como se muestra en la tabla 2.

Grupo de procesos de la dirección de proyecto					
AREA DE CONOCIMIENTO	INICIACIÓN	PLANIFICACION	EJECUCION	SEGUIMIENTO Y CONTROL	CIERRE
Gestión de la integración del proyecto	Desarrollar al acta de constitución del proyecto	Desarrollar el plan de la dirección del proyecto	Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto	Monitorear y controlar el trabajo Realizar el control integrado de cambio	Cerrar el proyecto
Gestión del alcance del proyecto		Planificar la gestión de alcance Recopilar los requisitos Definir el alcance Crear la EDT		Verificar el alcance Controlar el alcance	
Gestión del tiempo del proyecto		Planificar la gestión de cronograma Definir las actividades Secuenciar las actividades Estimar los recursos Desarrollar el cronograma		Controlar el cronograma	
Gestión del costo del proyecto		Planificar la gestión de costos Estimar los costos Determinar el presupuesto		Controlar los costos	
Gestión de la calidad del proyecto		Planificar la gestión de la calidad	Realizar el aseguramiento de la calidad	Controlar la calidad	
Gestión de los recursos humanos del proyecto		Desarrollar el plan de recursos humanos	Adquirir el equipo del proyecto Desarrollar el equipo del proyecto Gestionar el equipo del proyecto		
Gestión de las comunicaciones		Planificar la gestión de las comunicaciones	Gestionar las comunicaciones	Controlar las comunicaciones	
Gestión de los riesgos del proyecto		Planificar la gestión de riesgos Identificar los riesgos Realizar el análisis cualitativo Realizar el análisis cuantitativo Planificar la respuesta a los riesgos		Controlar los riesgos	
Gestión de las adquisiciones del proyecto		Planificar la gestión de adquisiciones	Ejecutar las adquisiciones	Controlar las adquisiciones	Cerrar las adquisiciones
Gestión de los interesados	Identificar a los interesados	Planificar la gestión de interesados	Gestionar el compromiso de los interesados	Controlar el compromisos de los interesados	

Tabla 2. Áreas y procesos en el PMBOK®. Fuente PMBOK® quinta edición.

En particular, el área de conocimiento de la gestión de alcance de un proyecto tiene por fin, incluir todos los procesos necesarios para garantizar que el proyecto, incluya todo el trabajo requerido y únicamente el necesario para cumplir con éxito el propósito del proyecto (PMI, 2013) .A su vez la gestión de alcance según el PMBOK® se compone de procesos como:

- a. Planificar la gestión de alcance.
- b. Recopilar requisitos

- c. Definir el alcance
- d. Crear la EDT
- e. Validar el alcance
- f. Controlar el alcance

Cada uno de estos subprocesos se describen mediante entradas, herramientas, técnicas y salidas, en el caso del subproceso de planificación de alcance, los componentes se describen en la ilustración 4.



Ilustración 4. Componentes del subproceso de planificación de alcance según PMBOK® quinta edición.

2.1.2.1 Norma ISO 10006

Esta norma internacional tiene por objeto orientar la aplicación de la gestión de la calidad de los proyectos. La norma puede ser adaptada a las necesidades de los proyectos, dependiendo de su tamaño y complejidad. Esta norma no es en sí misma una guía para la gestión de proyectos y dada a que es un documento de orientación, no está destinada a ser utilizada para efectos de certificación (ICONTEC, 2003). La norma ISO 10006 para obtener el producto objeto del proyecto, necesita de siete grupos de procesos de gestión de proyecto que son:

- a. Procesos relacionados con la interdependencia.
- b. Procesos relacionados con el alcance.
- c. Procesos relacionados con el tiempo.
- d. Procesos relacionados con el costo.
- e. Procesos relacionados con la comunicación.
- f. Procesos relacionados con el riesgo.
- g. Procesos relacionados con las compras.

El proceso relacionado con el alcance según la norma ISO 10006 incluye una descripción del producto del proyecto, sus características y el modo en que han de medirse o evaluarse. Los procesos relacionados con el alcance son:

- a. Desarrollo del concepto
- b. Desarrollo y control del alcance.
- c. Definición de las actividades.

d. Control de las actividades.

El desarrollo y control del alcance debe identificarse en términos medibles y tan detallados como sea posible. Cuando se contemplen enfoques y soluciones alternativas durante el desarrollo del alcance, deberían documentarse las evidencias que lo apoyen (ICONTEC, 2003).

2.1.2.2 Norma ISO 21500

Según Rehacek, la norma ISO 21500 usa un grupo de procesos similar al del PMBOK®, estas son: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y cierre (Rehacek, 2014). La norma ISO 21500 define las siguientes áreas de conocimiento:

- Recursos.
- Tiempo.
- Costos.
- Riesgos.
- Calidad.
- Adquisiciones
- Comunicación.
- Integración.
- Stackholder.
- Alcance

Las áreas de conocimientos forman los 39 subprocesos que contiene la norma, como se muestra en la ilustración 6. La norma ISO 21500 se diferencia del estándar PMBOK®, en el número de subprocesos. El área de conocimiento denominado alcance, está compuesto por los siguientes subprocesos:

- a. Definición de alcance.
- b. Creación de WBS.
- c. Definición de actividades.
- d. Control de alcance.

El propósito de la norma ISO 21500 es proveer una guía genérica en los conceptos y procesos de la gestión de proyectos, lo cual resulta fundamental para la realización exitosa de un proyecto (Zandhuis, 2013).

Grupo de procesos de la dirección de proyecto					
AREA DE CONOCIMIENTO	INICIACIÓN	PLANIFICACION	EJECUCION	SEGUIMIENTO Y CONTROL	CIERRE
integración	Desarrollar el acta de constitución del proyecto	Desarrollar el plan de la dirección del proyecto	Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto	Monitorear y controlar el trabajo Control de cambios	Cerrar el proyecto Lecciones aprendidas
Alcance		Recopilar los requisitos Definir el alcance Crear la EDT		Controlar el alcance	
Tiempo		Estimar la duración de las actividades Secuenciar las actividades Desarrollar el cronograma		Controlar el cronograma	
Costos		Estimar los costos Determinar el presupuesto		Controlar los costos	
Calidad		Planificar la gestión de la calidad	Realizar el aseguramiento de la calidad	Controlar la calidad	
Recursos	Establecer el equipo del proyecto	Estimar los recursos Definir la organización del proyecto	Desarrollar el equipo del proyecto	Control de recursos Gestión del equipo del proyecto	
Comunicaciones		Planificar la gestión de las comunicaciones	Distribución de la información	Controlar las comunicaciones	
Riesgos		Identificar los riesgos Evaluar el riesgo	Gestionar el riesgo	Controlar los riesgos	
Procura		Planificar la gestión de adquisiciones	Selección del proveedor	Administrar las compras	
Stakeholders	Identificar a los interesados		Gestionar el compromiso de los interesados		

Tabla 3. Subprocesos de la Norma 21500 (Zandhuis, 2013).

2.1.2.3 Metodología P2M

La metodología P2M (Project and Program Management for Enterprise Innovation) es un estándar japonés, que facilita la gestión de proyectos. Este estándar se divide en cuatro secciones: administración de proyectos,

administración de programas, entradas de proyectos y administración de segmentos de proyectos. P2M busca dar respuesta a cuatro preguntas quien, que, como y cuando (Robleto, 2009). Según Ohara la metodología P2M describe los siguientes procesos de trabajo (Ohara, 2005):

- Gestión del ciclo de vida
- Gestión de alcance
- Gestión de costos
- Gestión de tiempo
- Gestión de calidad
- Gestión del valor ganado
- Gestión de reporte y cambio
- Gestión de entrega

El proceso de trabajo de la gestión de alcance (Scope management) está compuesto por:

- Planificación del alcance
- Definición de alcance
- Descomposición de tareas
- Preparación de la EDT
- Intercambio de tareas
- Gestión de cambios del alcance
- Agarrando las condiciones contractuales

Ohara menciona que la planificación del alcance tiene por fin la elaboración de un plan de alcance, el cual es un documento que se enfoca en los siguientes ítems (Ohara, 2005):

- Entorno y características de los resultados del proyecto.
- Tareas y procesos específicos para alcanzar el objetivo del proyecto.
- Cuantificación de los objetivos a ser alcanzados en el proyecto.

En la ilustración 5 se observa la relación que existe entre los distintos procesos de trabajo, presentes en la metodología P2M.

Organización de proyectos

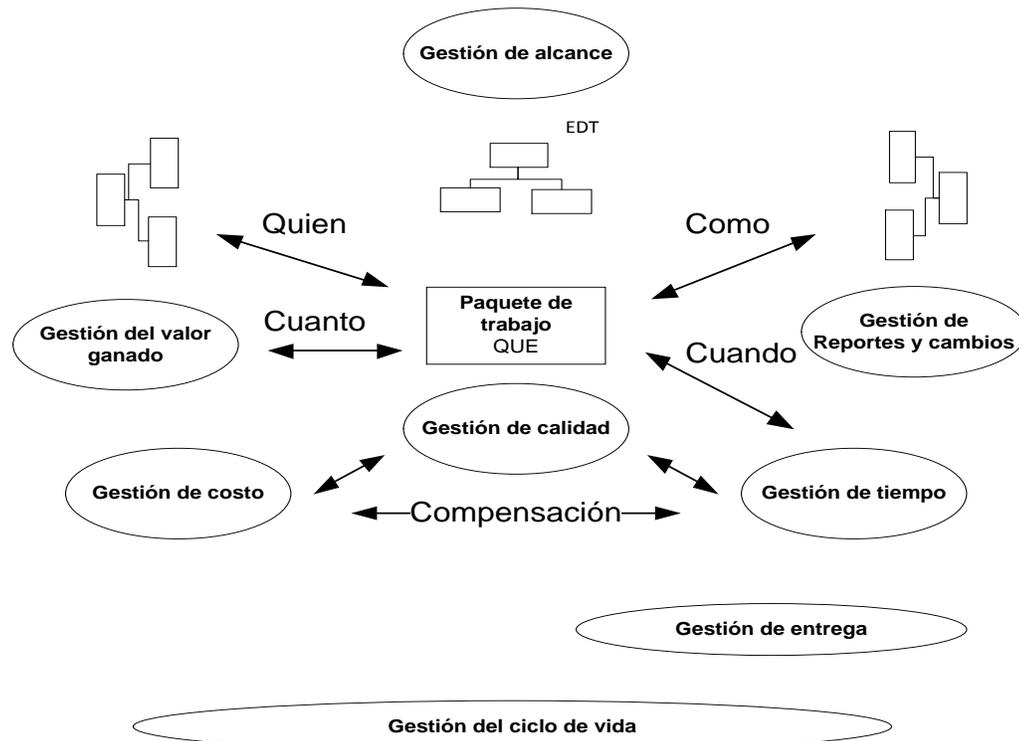


Ilustración 5. Relación de procesos en P2M (Ohara, 2005)

2.1.2.4 Metodología de Marco Lógico.

Según Hambly la metodología de marco lógico, es una herramienta analítica usada para planear, monitorear y evaluar proyectos. La metodología puede resumirse en cinco pasos básicos para planear un proyecto, estos son (Hambly, 2001):

- Análisis de la situación
- Análisis de los Stakeholder
- Análisis del problema y objetivos
- Análisis de alternativas
- Planeación de actividades

La metodología de marco lógico es muy detallista en el tema de adquisiciones, en cuanto al tiempo para la metodología es un factor importante pero no determinante. La metodología de marco lógico es más recomendable para la formulación del proyecto que para su gestión (Alfaro, 2006). La metodología de Marco Lógico recoge lo propuesto por la Escuela Conductual "fijar resultados y dejar actuar" y lo combina con otro aporte de la visión sistémica: el desglose analítico de objetivos. El desglose analítico es un modelo sistémico de las cadenas de causa-efecto que explican la dinámica de una transformación. La forma más conocida es el llamado árbol de problemas. El desglose analítico describe el problema con

base a la relación de causa y efecto, en esencia el desglose analítico define que para llegar a la solución de una problemática, se deben conocer las causas que la provocan (Aldunate & Córdoba, 2011). En la ilustración 6 se puede apreciar el desglose analítico de un problema.

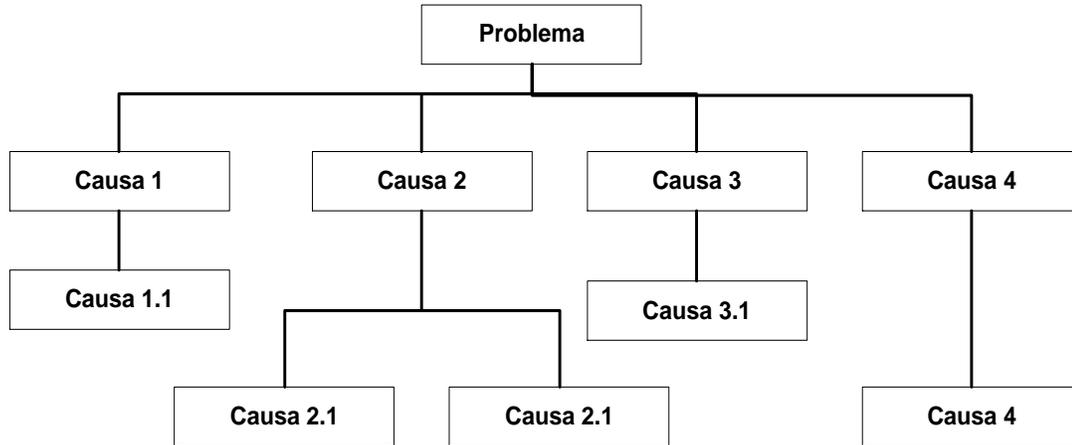


Ilustración 6. Desglose analítico según Marco Lógico (Aldunate & Córdoba, 2011)

2.1.2.5 Metodología IPMA

Según Hermarij, la metodología IPMA ICB (IPMA Competence Baseline) define 20 elementos esenciales para la competencia técnica en la gestión de proyectos que son (Hermarij, 2013):

- Gestión de proyectos
- Interesados
- Requisitos y objetivos
- Riesgos y oportunidades
- Calidad
- Organización del proyecto
- Trabajo en equipo
- Resolución de problemas
- Estructura de proyecto
- Alcance y entregables
- Fases en el tiempo y proyecto
- Recursos
- Coste y financiación
- Compra y contrato
- Cambios
- Control y presentación de informes
- Información y documentación
- Comunicación
- Arranque
- Cierre

Pero el ICB no solo incluye elementos esenciales, sino que además incluye 15 elementos de comportamiento que son (Hermarij, 2013).

- Liderazgo
- Compromiso y motivación
- Autocontrol
- Asertividad
- Relajación
- Franqueza
- Creatividad
- Orientación al resultado
- Eficiencia
- Lenguaje
- Negociación
- Conflicto y crisis
- Confiabilidad
- Ética
- Valores de apreciación

El modelo IPMA se centra principalmente en las capacidades que poseen los gerentes de proyectos para tener un reconocimiento de sus competencias, sin importar la empresa donde se encuentran trabajando (Vásquez González, 2007). Según Vásquez Gonzales, el modelo IPMA posee un cuerpo de conocimiento denominado ICB (del inglés, *IPMA Competence Baseline*) que contiene los términos, prácticas, tareas, habilidades, los procesos de la gestión, los modelos y demás herramientas que se usan en la teoría de la gestión de proyectos.

2.1.2.6 Metodología PRINCE2

El amplio uso de esta se debe en gran parte a que se trata de un método de gestión de proyectos fácilmente adaptable y medible. La metodología PRINCE2 está enfocada en productos a entregar (Vásquez González, 2007). PRINCE2 posee una serie de procesos que explican que debe ocurrir y cuando a los largo del ciclo de vida de un proyecto. La metodología tiene cuatro niveles de gestión que se describen a continuación (Turley, 2009):

- Nivel de gestión corporativa
- Dirección
- Gestión
- Entrega

Según Turley, el modelo de procesos de PRINCE2 se compone de los siguientes ITEM, véase ilustración 7 (Turley, 2009):

- Dirección de proyectos (DP)
- Puesta en marcha de un proyecto (SU)
- Iniciar el proyecto (IP)
- Control de una fase (CS)
- Gestión de los límites de fase (SB)
- Gestión de la entrega de productos (MP)
- Cerrar un proyecto(CP)

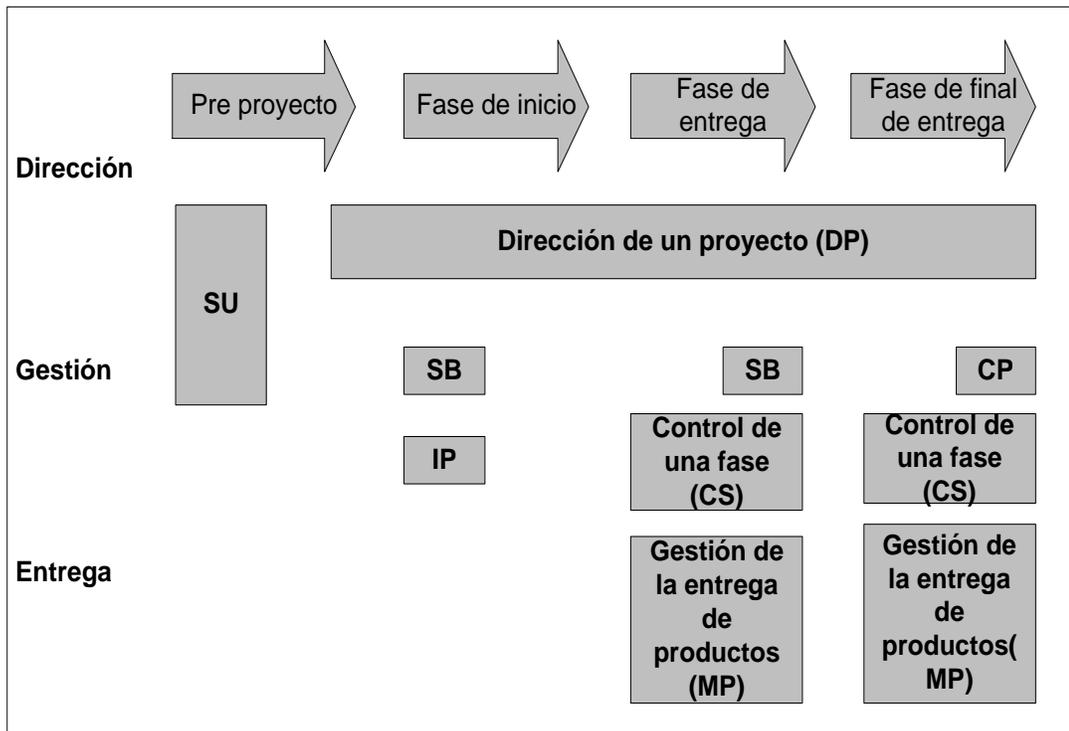


Ilustración 7. Procesos de Prince según OGC PRINCE2 (Turley, 2009).

2.1.3 Sistemas de ejecución de manufactura MES

Es claro que la gestión de proyectos MES, tiene una parte técnica denominada MES, por ello es importante conocer de forma general los sistemas MES. Las dos principales organizaciones a nivel internacional relacionadas con el tema de MES, son ISA (del inglés, *International Society Automation*) y MESA International (del inglés, *Manufacturing Enterprise Solutions Association*) (ISA ORG, 2014) (MESA International org , 2013).

La norma ISA 95 relaciona todo lo referente al tema de MES (ISA, 2010) (Brandenburg, 2013) (Scholten B. , 2008) (Pradesa. L, 2013). Los sistemas de ejecución de manufactura MES (del inglés, *Manufacturing Execute System*), se definen como el nivel del modelo CIM (del inglés, *Computer Integrated Manufacturing*) que describe las actividades del flujo de trabajo

necesarias para la producción, el manteniendo de registros de la producción y la optimización de los procesos productivos (ISA, 2010). El MES según Jürgen Kletti, desempeña un apoyo fundamental a la producción, al servir de mediador entre el enfoque a largo plazo del ERP (del inglés, *Enterprise Resource Planning*) y el tiempo real de la automatización del proceso productivo o piso de planta (Kletti, 2007). Para Frederick K. Johnson, el MES es un sistema online de herramientas, funciones y métodos usados en una operación de manufactura para lograr una manufactura excelente (Johnson, 2010). Por lo anterior se concluye que MES es uno de los niveles de la pirámide CIM, encargada de la gestión de la producción en actividades como mantenimiento, inventario almacén, calidad y producción de producto, el MES lleva los datos en tiempo real del nivel de productividad y eficiencia de la maquinaria, al sistema ERP para poder ser analizados por la gestión de la producción y tomar decisiones en menos tiempo, pudiendo así sortear de una forma más rápida interrupciones, paradas o imprevistos típicos de la producción industrial. (Kozletsov, MES not only production planning production Automation, 2012) (Banerjee, 2013)

Según Gagelin, los Sistemas de Ejecución de Manufactura se han convertido en una piedra angular de los sistemas de automatización industrial a través de un amplio rango de sectores de la economía. Los beneficios de implementación de MES incluyen el aumento de los índices de producción, reducción de costos, mejoras de la calidad, trazabilidad de productos, y otros aspectos. Aunque los sistemas MES pueden mejorar los indicadores energéticos de una planta, el enfoque convencional de MES ha sido en la gestión de la producción (Gagelin, 2012). Los sistemas MES presentan un modelo jerárquico establecido en la norma ISA 95, como se muestra en la ilustración 8.

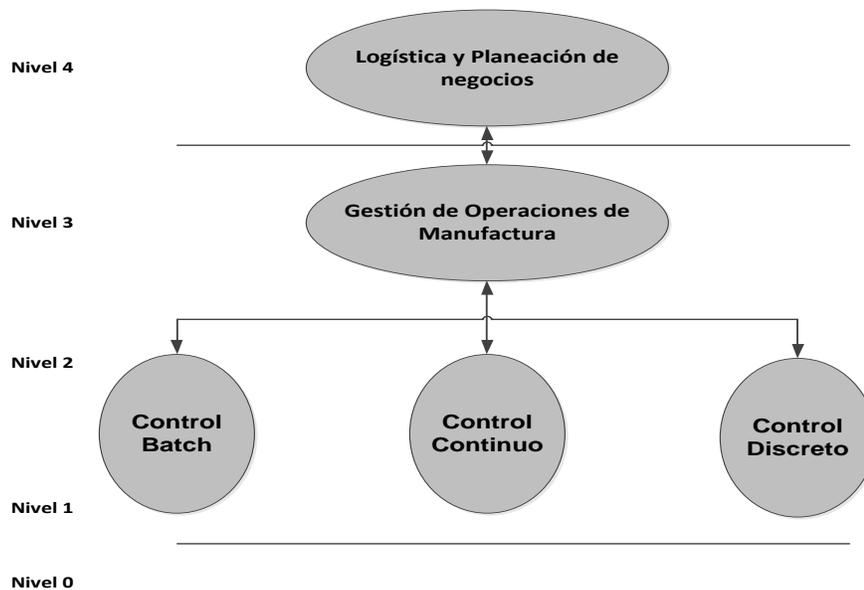


Ilustración 8. Modelo Jerárquico según ISA 95 (ISA, 2010).

2.2 Estado del arte en la planificación de la gestión del alcance en proyectos de implementación de sistemas MES.

El estado del arte de la gestión de alcance de proyectos de implementación de ejecución de manufactura MES, está compuesto por varios temas entre ellos se destacan:

- Situación cronológica
- Adelantos metodológicos de gestión de proyectos de implementación de sistemas MES
- Países e instituciones líderes en la gestión de proyectos de implementación de sistemas MES
- Desarrollos normativos para los sistemas de ejecución de manufactura
- Principales autores
- Casos de éxito en la implementación de sistemas de ejecución de manufactura a nacional e internacional.

2.2.1 Situación cronológica.

La situación cronológica para el análisis del estado del arte estado del arte de la gestión de alcance de proyectos de implementación de ejecución de manufactura MES, comienza a partir de 1997. Ver ilustración 9.

2.2.2 Adelantos metodológicos de gestión de proyectos de implementación de sistemas MES.

La asociación de empresas de manufactura MESA (del inglés, *Manufacturing Enterprise Solutions Association*), propone el estándar White Paper 19, este estándar menciona que un proyecto de implementación de sistemas MES se compone de los siguientes estadios que se muestran en la Ilustración 1 (Anisimov & Reshetnikov, 2011) (Christine Lesher, 2006).

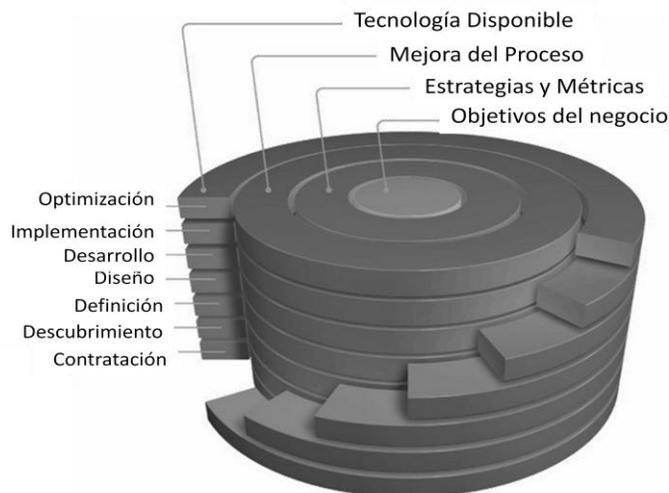


Ilustración 9. Fases para la implementación de un sistema MES (Christine Lesher, 2006).

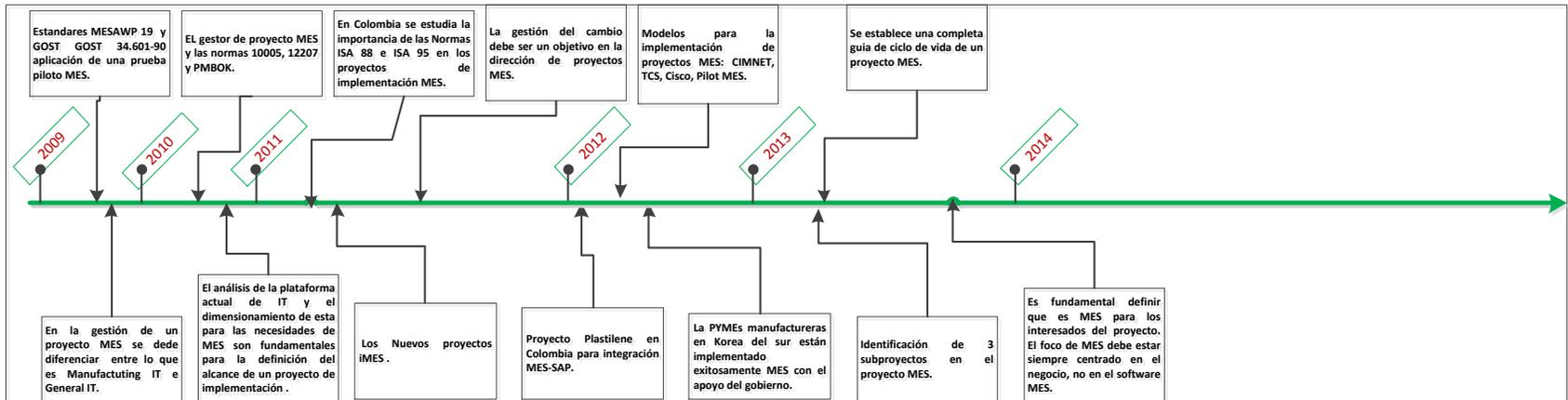
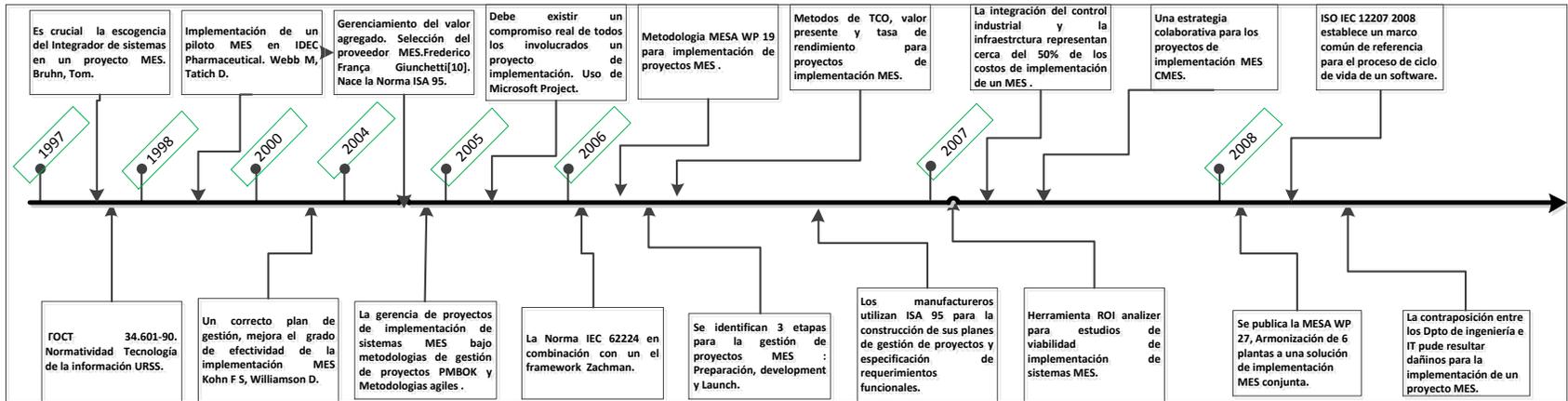


Ilustración 10. Cuadro cronológico. Autor.

Los estadios del estándar WP 19 van alineados a los objetivos de la organización y parten de la tecnología existente en la planta, no solo la tecnología de TI, si no también la tecnología de control del proceso. Además resulta fundamental tener la seguridad de que intereses tienen los usuarios a la hora de implementar un sistema MES (Anisimov D. , 2009) (Clemons, 2013). Por otro lado ISA (del inglés, *International Society of Automation*), establece la norma ISA 95 cuyo propósito es sistematizar la integración de los negocios y el proceso de manufactura a través de un modelo normalizado, para facilitar el flujo de información entre los niveles de ERP y MES (Giunchetti, 2004) (Libardo Steven Muñoz, 2011) (Caponetti Fabio, 2009). Paul Brandenburg teniendo en cuenta la norma ISA 95, sugiere descomponer un proyecto de implementación de sistemas MES en tres subproyectos como se describe en la Ilustración 12 (Brandenburg, 2013).

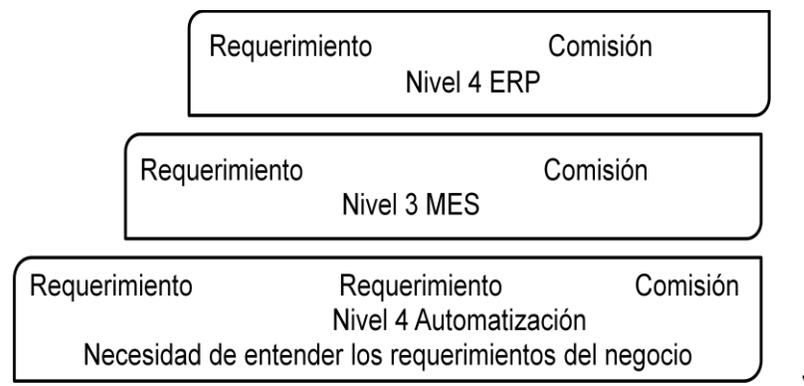


Ilustración 11. Fases para la implementación de un sistema MES (Brandenburg, 2013).

En la California Polytechnic State University, Riley Elliott describe un modelo para proyectos de implementación de sistemas MES, que se muestra en la Ilustración 11, este modelo se basa en 11 etapas que muestran no solo la gestión de un proyecto de implementación de un sistema MES, sino que además incluye etapas de estudios previos a la implementación del mismo, permitiendo así analizar las ventajas competitivas que puede representar un sistema MES para los intereses de la empresa (Elliott, 2013). Por otro lado se tiene además una metodología desarrollada por CIMNET, la cual es una empresa de desarrollo de soluciones MES de amplia experiencia a nivel internacional y que se basa fundamentalmente en los siguientes pasos (Ferrazzi, 2012).

- Definición de un plan de proyecto
- Cálculo del retorno de inversión esperado
- Aseguramiento del compromiso de los stakeholders
- Creación del equipo MES
- Diseño y creación de interfaces
- Desarrollo de una solución funcional
- Instalación y configuración de la base de datos MES
- Entrenamiento

Tata Consulting Services TCS, una empresa de desarrollo de software propone 8 pasos para un proyecto de implementación de sistemas MES, véase en la Ilustración 12 (M.A.Karani, 2005).

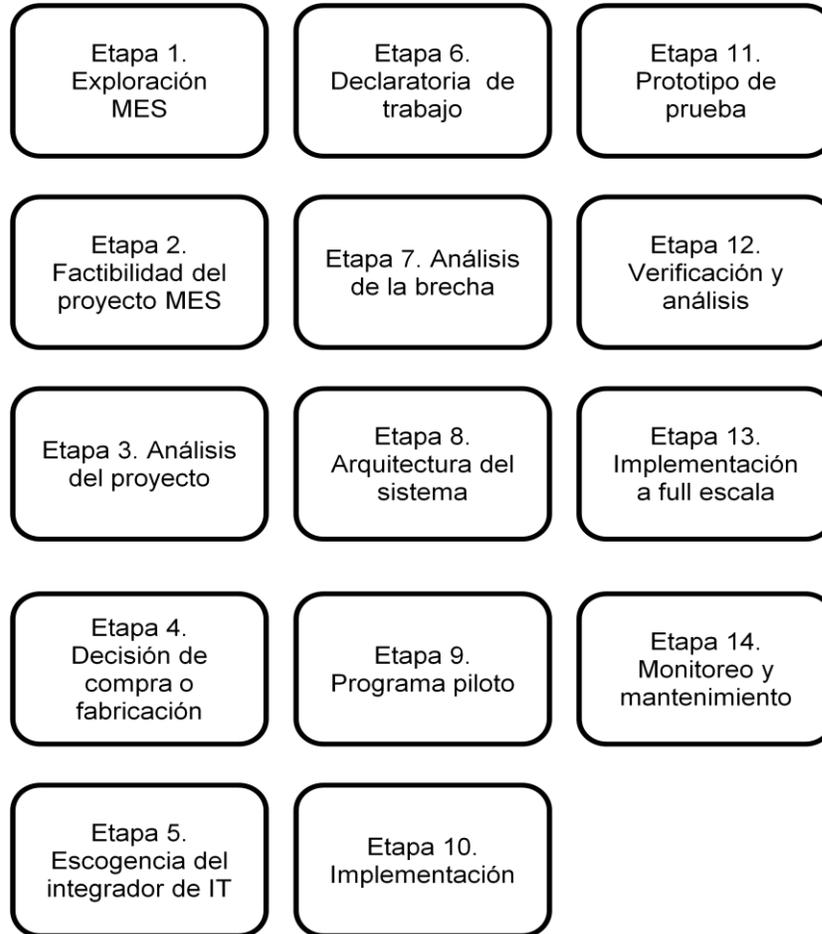


Ilustración 12. Fases de un proyecto MES (Elliott, 2013).

Cisco System presenta un modelo muy parecido al de TCS que se describe en la Ilustración 13 (Ferrazzi, 2012). Este modelo se compone de 6 etapas, secuenciales, que abarcan desde los requerimientos hasta el despliegue total del sistema MES.

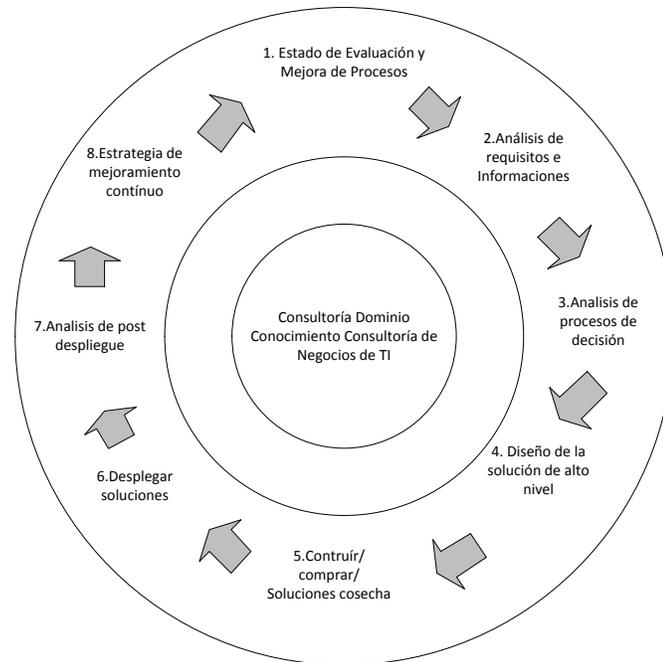


Ilustración 13. Fases de un proyecto MES en TCS (M.A.Karani, 2005).

Knight y Lamb en el 2006 propusieron un piloto de implementación de sistemas MES, este se basa principalmente en 4 etapas que tienen como eje principal a los stakeholders, el piloto incluye desde el análisis de las necesidades del proceso productivo, hasta el análisis de resultados de la implementación, esto puede apreciarse en la Ilustración 14 (Knight & Lamb, 2006).

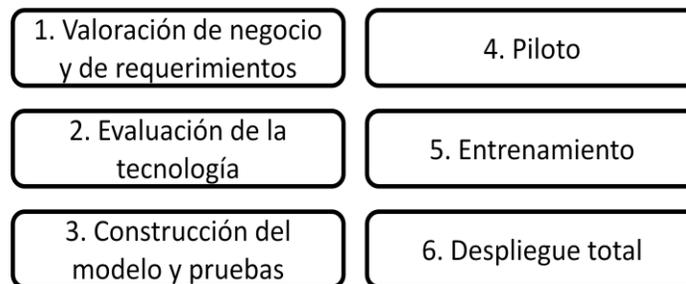


Ilustración 14. Fases de un proyecto MES en Cisco System (Ferrazzi, 2012).

Las metodologías ágiles y tradicionales para el desarrollo de software, también son usadas en los proyectos de implementación de sistemas MES, Walt en el 2011 identificó a las siguientes metodologías como las más relevantes (Van Der Walt, 2011):

- Stric Software Development Life Cycle
- Agile software development (SCRUM)
- Non Standard Agile
- Prototyping

En la Ilustración 15 se puede apreciar como una metodología ágil se integra a la gestión de un proyecto MES. França Giunchetti, expone una metodología basada en los siguientes estadios para la implementación de un sistema MES:

- Introducción a la metodología.
- La gestión del proyecto.
- Pre-Proyecto.
- Detallado del Proyecto.
- Ejecución y seguimiento del MES.
- Post-Evaluación de Proyecto.

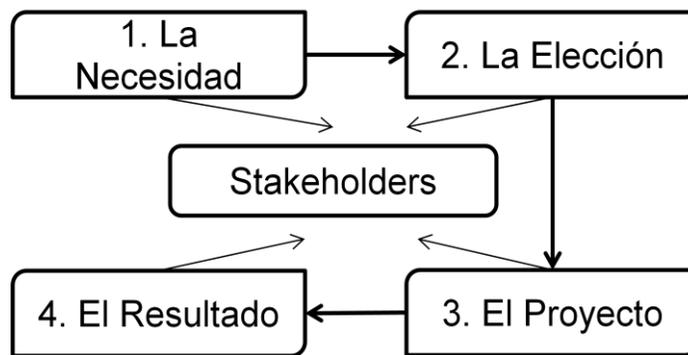


Ilustración 15. Fases de un proyecto MES K&L (Knight & Lamb, 2006).

2.2.3 Países e instituciones líderes en la gestión de proyectos de implementación de sistemas MES.

Dentro de las Instituciones líderes en el tema de gestión de proyectos de implementación de sistemas MES se destacan MESA e ISA, a nivel de países los que más sobresalen en el tema, se destacan Alemania, Rusia y Estados Unidos (Schumacher, 2011) (Gerberich, 2010) (Kletti, 2007) (Norbert, 2006) (Philipp L. , 2008) (Meyer H. , 2010) (Kesici, 2012) (Anisimov D. , 2009) (Anisimov & Reshetnikov, 2011) (Anisimov & Reshetnikov, 2010) (Anisimov Okhotsimskii, 2010) (MESA, 2012) (ISA ORG, 2014) (Kozletsov, On the choice of MES, 2013) (NG Markov, 2013) (URSS, 1997) (Evan Hand Jr, 2007) (Sandoval, 2010) (Arnesh Telukdarie, 2008) (Versteegh, 2007) (Jhon Southcott, 2010) (McClellan, 2001) (Elliott, 2013) (Chris Wubbolt, 2012) (Johnson, 2010) (Johnson., 2009) (Wissink, 2008) (Scholten B. , 2008) (Brandenburg, 2013) (Brown, 2010) (Gilad Langer, 2010) (Southcott & Jacobson, 2010) (Webb M, 1998).

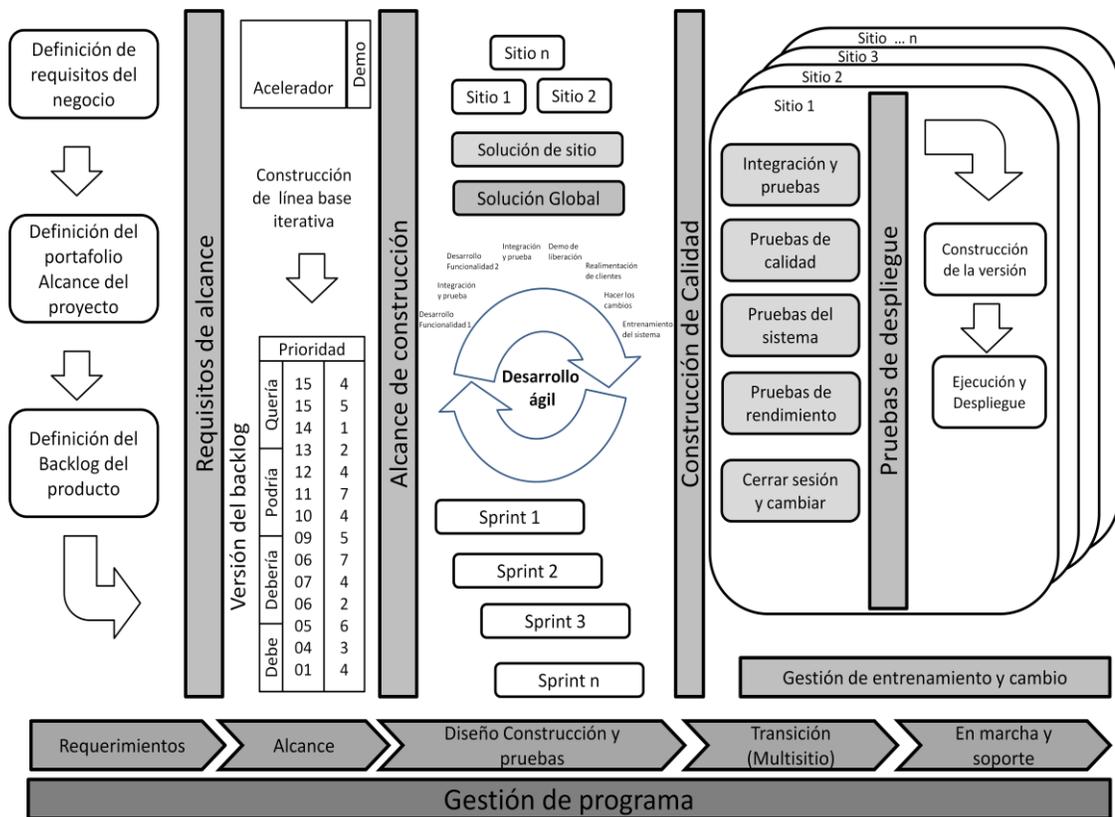


Ilustración 16. Implementación global MES basado en metodología ágil (Shrivastava, 2013)).

2.2.4 Principales autores

Dentro de los principales autores que hacen referencia al tema de gestión de proyectos de implementación de sistemas MES se pueden apreciar:

- Dimitri Anisimov, IS Reshetnikov de Rusia. (Anisimov & Reshetnikov, 2010) (Anisimov & Reshetnikov, 2011)
- Christine Leshner y Ed Patzsch de los Estados Unidos (Christine Leshner, 2006).
- Frederich Johnson de Estados Unidos (Johnson., 2009) (Johnson, 2010).
- Jurgen Kletti y Philipp Louis de Alemania (Kletti, 2007) (Philipp L. , 2009)

2.2.5 Casos de éxito.

Todo tipo de industrias se han visto beneficiadas por distintos casos de éxito en la implementación de sistemas MES a nivel mundial entre ellas se encuentran Heineken, Kunshan Banknote Paper Mill, Shandong Huatai Paper Group, Bhilai Steel Plant. (Siemens, 2012) (Rang, 2012) (Stepan Bogdan, 2011) (Gonçalves & Maciel Filho, 2013). En Colombia cabe nombrar casos de éxito como Nacional de Chocolates, Colcafe, Plastilene,

Maderkit y SabMiller (MQA Consultores, 2012) (Gagelin, 2012) (Proalnet sas, 2012).

2.2.6 Desarrollo Normativo en sistemas MES y gestión de implementación de sistemas MES.

A nivel internacional se logran apreciar varios estándares fundamentales a la hora de concebir un sistemas de ejecución de manufactura, estos estándares son ISA 95 e ISA 88 (ISA, 2010) (ISA ORG, 2014) (Gagelin, 2012).En Rusia el estándar GOST 34.601-90 de la antigua URSS (Anisimov D. , 2009), el White Paper 19 de MESA (Anisimov & Reshetnikov, 2011),el cual está enfocado a los procedimientos de implementación de un sistema MES.

3 Metodología de la investigación

Este capítulo muestra la metodología usada para el logro de los objetivos de la investigación, así como aspectos importantes para la definición del modelo de investigación.

3.1 Diseño metodológico.

Para realizar el diseño metodológico se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

Alcance: Se realizaron estudios descriptivos sobre, adelantos y desarrollos metodológicos aplicados a gestión de proyectos de implementación de MES, principales autores en el tema de MES, asociaciones o instituciones nacionales e internacionales involucradas en sistemas MES, casos de éxito en la implementación de sistemas MES en Colombia. Los estudios exploratorios irán encaminados a la validación del modelo mediante la implementación de una prueba o proyecto piloto.

Diseño: El proyecto presenta dos diseños uno no experimental basado en el modelo de planificación para la gestión de alcance y otro experimental basado en la realización de una prueba o proyecto piloto para validar el modelo propuesto.

Enfoque: El presente proyecto busca tener un enfoque cualitativo al tener en cuenta la opinión de expertos en el área de proyectos de implementación de MES, lecciones aprendidas y casos de éxito, pero se fundamenta en un modelo cuantitativo, al tener en cuenta los datos que arroje la prueba piloto de la implementación del sistema MES.

Fuentes de información: Búsqueda bibliográfica en las bases de datos de la Web of Science, Scopus, Springer Link, con el objetivo de determinar el estado actual de la gestión de alcance en proyectos de implementación de sistemas MES. Realizar búsqueda documental en organismos internacionales como International Society Automation, Manufacturing Enterprise Solutions Association, Project Management Institute, en libros y revistas relacionales con MES y gestión de proyectos informáticos, en sitios web de fabricantes de MES reconocidos en el mercado y sus casos de éxitos.

Tipos de análisis: debido a que el objeto de estudio de la presente investigación tiene como eje la gestión de proyectos, se realizará un análisis cualitativo sobre la información obtenida, sin dejar de lado el análisis cuantitativo fruto de los datos estadísticos que acompañan dicha información y de los que se obtendrían de la realización de la prueba piloto.

Instrumentos: los instrumentos a usar fueron, entrevistas y una prueba de validación. Para las entrevistas se usaron dos formatos, uno para los proyectos anteriores al modelo y otro para la aplicación de este. Se clasificaron las entrevistas dependiendo del cargo del personal que ejecutó el proyecto. Debido a que se contó con poco personal para la ejecución del proyecto, se hizo más sencillo el análisis de los resultados, encontrando más recomendaciones por parte de los ingenieros que de los técnicos. Estas recomendaciones fueron plasmadas en las conclusiones y desventajas del modelo. Véase anexo 7

Población: la población que se ve inmersa en esta investigación, son todos los directores de proyectos, proyectistas encargados de la planificación de proyectos de implementación de sistemas MES, en segundo término las empresas que contratan la implementación de este tipo de sistemas. Aunque cabe resaltar que esta investigación puede ser relevante para asociaciones como MESA e ISA.

3.2 Metodología del trabajo

La metodología para la realización de esta investigación consta de 3 fases o subproyectos secuenciales, con sus respectivas actividades, esta organización permite un seguimiento y control más detallado.

1. **Establecimiento del estado del arte de la planificación de la gestión de alcance de los proyectos MES.** Su función es articular la etapa heurística y hermenéutica del estado del arte del objeto de estudio. Se recolectó información de distintas fuentes de información, para proceder con el análisis y categorización de la información, estableciendo los marcos teórico, conceptual, y de antecedentes, para construir el documento final del estado del arte. Las fases de ejecución son las siguientes:

- Actividad 1. Buscar información documental relacional a la gestión de proyectos MES y en especial a la planificación de la gestión de los proyectos MES.
- Actividad 2. Analizar y organizar de la información obtenida
- Actividad 3. Categorizar la información obtenida
- Actividad 4. Construir del documento final del estado del arte.

2. **Desarrollo de un modelo para la planificación de la gestión de alcance para proyectos MES.** Tiene la finalidad de crear un modelo de gestión para la planificación de alcance de los proyectos de implementación de sistemas MES fundamentado en el estado del arte de los mismos. Teniendo en cuenta la definición de procesos de planificación de proyectos, documentos, estrategias, roles que sirvan de base para la construcción del modelo. Las fases de desarrollo son las siguientes:

- Actividad 1. Describir los procesos de planificación de proyectos.
- Actividad 2. Describir de la normatividad de procesos aplicables al sector de bebidas y alimentos en el cual se plantea la validación.
- Actividad 3. Definir los documentos que facilita el modelo
- Actividad 4. Definir los roles que proporciona el modelo.
- Actividad 5. Construir del modelo

3. **Determinación de la validación del modelo de planificación de la gestión de alcance para proyectos MES.** Tiene como función desarrollar un instrumento de validación del modelo aplicable a la industria de bebidas y alimentos. Se llevará a cabo a partir de las siguientes fases.

- Actividad 1. Elegir del proceso de validación
- Actividad 2. Determinar de los indicadores del evaluación del modelo
- Actividad 3. Ejecutar la validación a través de la prueba piloto
- Actividad 4. Analizar los resultados

4 Modelo de planificación de la gestión de alcance

Este capítulo muestra y describe los componentes del modelo de planificación del alcance

4.1 Concepción del modelo

Según la guía para el PMBOK® 5ta edición, la planificación del alcance tiene como fin la creación de un plan que guie la definición, la validación y el control del alcance de un proyecto (PMI, 2013). Gracias al aporte de las metodologías para la implementación de sistemas MES y las metodologías para la gestión de proyectos, se propone un modelo de planificación de la gestión de alcance para un proyecto de implementación de sistemas MES. Este modelo está constituido por principios, normas o estándares, procesos y documentos como se aprecia en la ilustración 16. Los siguientes principios resultan importantes en la concepción del modelo:

- Se debe elaborar un documento sobre las razones de la ocurrencia de cambio, determinando la necesidad del cambio, el tipo de cambio y la prioridad del mismo (Project manager Alliance , 2013).
- Una mala especificación de requerimientos resulta en graves problemas al momento de realizar implementación de sistemas MES (Larsen, 2009).
- La clave de una implementación exitosa de MES, es la planificación completa de la implementación desde que inicia hasta que termina el proyecto (Engelbrecht, 2008).
- Es fundamental definir que es MES para los interesados. El foco de MES debe estar siempre centrado en el negocio, no en el software MES (Clemons, 2013).
- Para la implementación de un sistema MES debe tenerse en cuenta la normatividad vigente para el sector industrial específico (Chris Wubbolt, 2012).
- La planificación del alcance en modelos de proceso incremental y evolutivo se fundamenta en la retroalimentación de cada incremento o iteración para la definición del alcance del próximo incremento o iteración (Orjuela, 2011).

El modelo para la planificación de la gestión alcance en proyectos de implementación de sistemas MES está construido basándose en normas y estándares como:

- Las normas ISA 95, que permiten comprender la importancia de la estructuración de tres subproyectos dentro del proyecto de implementación de sistemas MES.

- Estándar práctico para Estructuras de Desglose de Trabajo (Practice Standard for work breakdown structures) del PMI, que permite un modelo práctico en la elaboración de estructuras de desglose de trabajo.
- Práctica Recomendada para especificaciones de requerimientos de software IEEE (Recommended Practice for Software Requirements Specifications), facilita la recopilación de requisitos.
- White Paper 19 MESA, permite comprender la importancia de la definición del alcance.
- Sistemas de Ejecución de Manufactura MES, Examen de una estrategia de implementación (Manufacturing Execution System MES, An Examination of Implementation Strategy), facilita la comprensión del ciclo de vida de un proyectos de implementación MES.
- Guía del Cuerpo de Conocimiento de Gestión de Proyectos (Project Management Body of Knowledge PMBOK®), facilita la construcción del modelo de planificación.
- PRINCE2, este estándar facilita la construcción del modelo de planificación basada en productos.

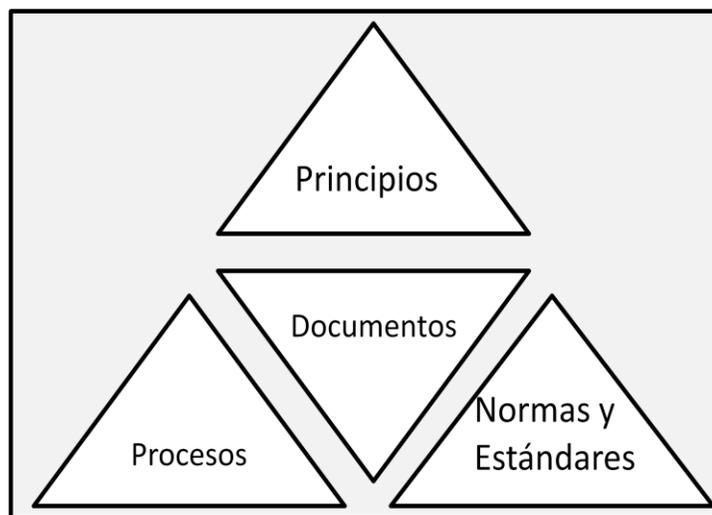


Ilustración 17. Constitución del modelo. Autor

4.2 Estructura del modelo

Los procesos y documentos establecidos en el modelo de planificación para la gestión de alcance son: véase ilustración 17.

Proceso de justificación comercial: este proceso busca no solo dar inicio al proyecto, sino que además se tenga claridad por parte de los involucrados, de los beneficios del proyecto de implementación del sistema MES y que se pueda realizar un seguimiento de estos beneficios durante la ejecución de estos.

Proceso de lecciones aprendidas: este proceso se enfoca en revisar las lecciones aprendidas en otros proyectos para ponerlas en práctica en el proyecto a desarrollar. Además de documentar las nuevas lecciones provenientes del proyecto actual.

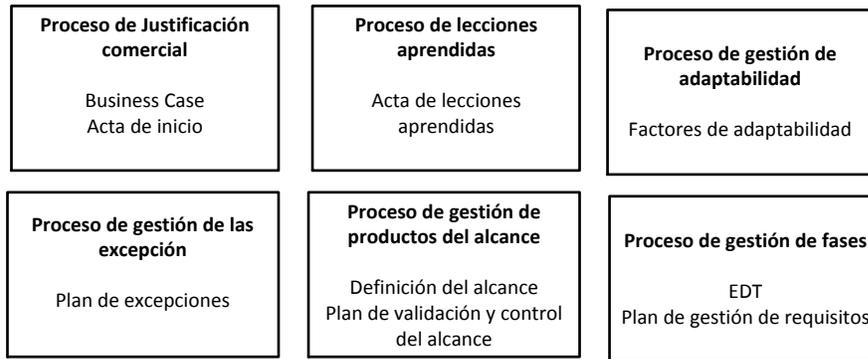


Ilustración 18. Estructura del modelo. Autor

A pesar de que los procesos de justificación comercial y de lecciones aprendidas no se llevan a cabo en la planificación del alcance, sus productos si se deben tener en cuenta al momento de la elaboración de esta (PMI, 2013).

Proceso de gestión de las excepción: en este proceso se describen cuáles son los parámetros de decisión del proyecto.

Proceso de gestión de productos del alcance: en este proceso se describe la forma de cómo se van a validar y controlar los productos del alcance.

Proceso de gestión de adaptabilidad: en este proceso tiene como función ajustar los procesos administrativos al tamaño propio del proyecto.

Proceso de gestión de fases: este proceso permite la división del trabajo necesario para llevar a cabo los productos del alcance, a la vez que facilita la gestión de los requerimientos de los usuarios.

4.3 Descripción del modelo

El modelo de planificación para la gestión del alcance al momento de implementarse, debe observarse como un macro proceso iterativo e incremental compuesto por las siguientes etapas: Etapa de inicio: compuesto por los procesos de justificación comercial y lecciones aprendidas, ver ilustración 18.

- Etapa de planificación del alcance: compuesta por los procesos de gestión por excepción, gestión de productos del alcance (Definición del alcance), gestión de fases y gestión de adaptabilidad
- Etapa de validación del alcance: compuesta por el plan de validación del alcance.
- Etapa de control del alcance: compuesta por el plan de control del alcance.

Una vez realizados todos los procesos de planificación, se prosigue con la ejecución del proyecto de implementación del sistema MES, en esta etapa se valida el alcance y se van entregando los productos requeridos por el proyecto a medida que el proyecto se desarrolle, la etapa de control del alcance, permite analizar desviaciones en el alcance del proyecto, para realizar las solicitudes de cambio y actualizar los documentos del proyecto. Por ello se deberán revisar nuevamente los documentos resultantes de los procesos de planificación para proceder con los cambios a que hubiere lugar. Véase ilustración 19.

4.4 Descripción de las etapas del modelo

4.4.1 Etapa de inicio

Esta etapa está conformada por los documentos de alto nivel Business Case, acta de inicio y lecciones aprendidas, el número de aspectos incluidos en cada uno de estos documentos, puede variar dependiendo de la complejidad del proyecto de implementación del sistema MES.

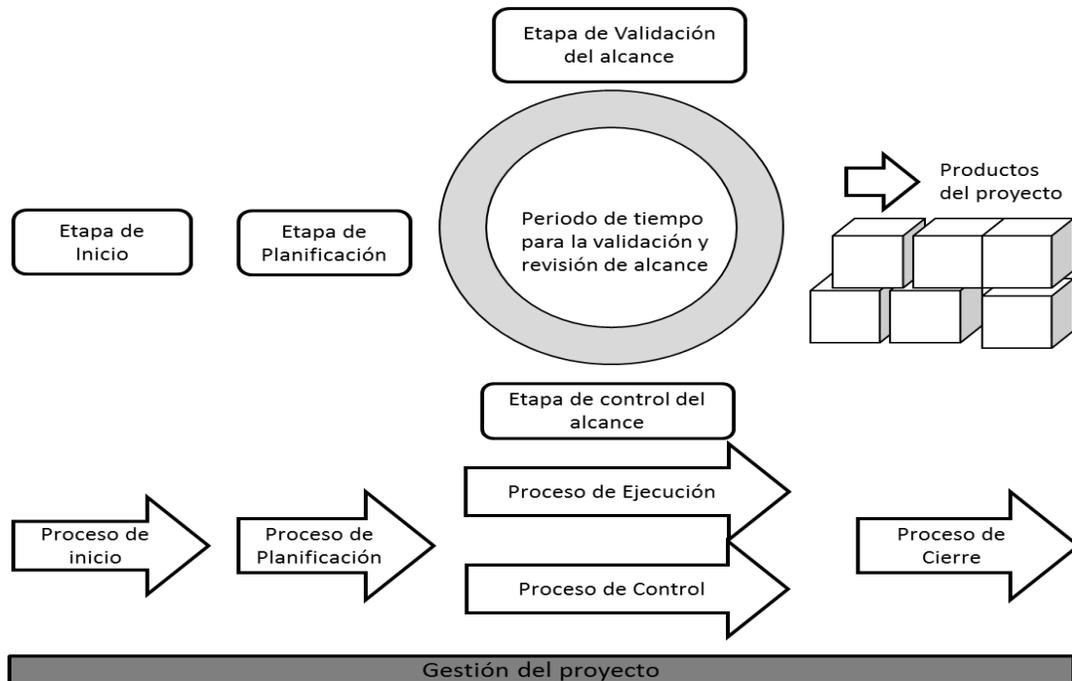


Ilustración 19. Modelo de planificación para la gestión de alcance. Autor.

Business Case: este es un documento que describe las razones por las cuales se va a realizar el proyecto, este documento debe incluir los siguientes aspectos:

- Un análisis estimado de costos basado en costo de propiedad y el retorno interno de inversión.
- Análisis de riesgos de la implementación del sistema MES.
- Los beneficios que se pueden obtener de la implementación del sistema MES

Autores como Sandoval, Southcott, Jacobson y Kletti entre otros, hablan de la importancia que tienen los diferentes aspectos del Business Case en el éxito de la implementación de sistemas MES (Sandoval, 2010) (Kletti, 2007) (Southcott & Jacobson, 2010) Además la metodología PRINCE2 hace especial énfasis en los aspectos del Business Case como pieza clave del éxito de un proyecto (Office Government Commerce, 2009). El Business Case deberá ser tenido en cuenta a lo largo del ciclo de desarrollo del proyecto de implementación MES, ya que este proceso justificará el seguir con el proyecto o no, ante desviaciones graves en la ejecución del proyecto.

Acta de Inicio: este es un documento que consta de los siguientes aspectos:

- Descripción del proyecto

- Problema u oportunidad del proyecto.
- Restricciones del producto y del proyecto
- Definición de actividades para los procesos de control, supervisión y MES.
- Definición de la normatividad que usan los procesos productivos y los procesos de negocio y de gestión de la empresa.
- Descripción de la situación actual la planta tanto para el proceso productivo, como de su infraestructura de tecnologías de información.
- Análisis de las partes interesadas en el proyecto de implementación, sus expectativas y aportes.

El acta de inicio, es una oportunidad para entender de forma global que es lo que se espera del proyecto de implementación MES, su metodología de ejecución y demás aspectos cruciales, para el buen éxito del proyecto.

MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DE ALCANCE					
AREA DE CONOCIMIENTO	INICIACIÓN	PLANIFICACION	EJECUCION	SEGUIMIENTO Y CONTROL	CIERRE
Proceso de justificación comercial	Business case Acta de inicio				Lecciones aprendidas
Proceso de lecciones aprendidas	Acta de lecciones aprendidas				
Proceso de gestión de adaptabilidad		Factores de adaptabilidad			
Proceso de gestión de las excepciones		Plan de excepciones			
Proceso de gestión de productos del alcance		Definición del alcance	Plan de validación del alcance	Plan de control del alcance	
Proceso de gestión de fases		EDT Plan de gestión de requisitos			

Ilustración 20. Modelo por procesos. Autor.

Acta de lecciones aprendidas: este documento es el fruto de lecciones aprendidas en otros proyectos pasados. Es importante que se documenten todos los procesos de planificación del alcance, con el fin de poder contar con un registro cada vez más completo del proceso de planificación. Esto redundará en un conocimiento más preciso de cómo gestionar la planificación, sin olvidar la particularidad intrínseca de cada proyecto de implementación de sistemas MES. Los documentos de la etapa de inicio pueden ser el fruto de estudios realizados por empresas contratistas o pueden surgir del interior de la empresa. Aunque cabe resaltar la importancia de contar con un consultor o integrador de sistemas MES, que conozca del mercado en el cual se desenvuelve la empresa, para que esta etapa de inicio se lleve de la mejor forma posible, véase la ilustración 20 (Bruhn, 1997).

4.4.2 Etapa de planificación del alcance

Esta etapa está compuesta por los procesos de gestión por excepción, gestión de productos del alcance (Definición del alcance), gestión de fases y gestión de adaptabilidad. A continuación se describen los subprocesos característicos de cada uno de estos procesos.

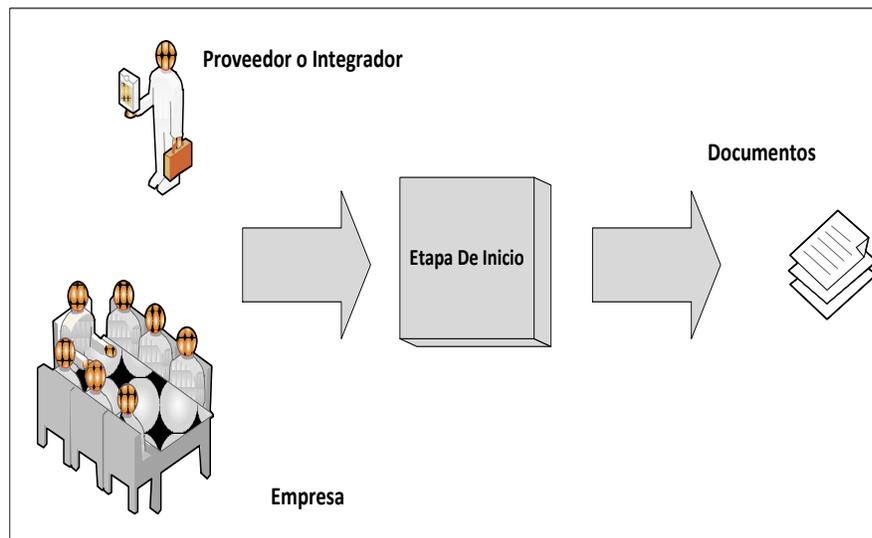


Ilustración 21. Etapa de inicio. Autor

Proceso de gestión por excepción: este proceso basado en la metodología PRINCE2, habilita propiedades de dirección y control para el proyecto, al establecer distintas responsabilidades para la gestión y liberación del proyecto. Es así como se colocarán rangos de tolerancia para el proyecto de implementación de sistemas MES, a los siguientes aspectos:

- Tiempo

- Costo
- Calidad
- Alcance
- Beneficios
- Riesgos

Si el límite colocado a cada a alguno de estos aspectos es sobrepasado, se deberá dar una alerta que debe ser elevada al siguiente nivel de gestión, para que se tome una decisión con respecto a ese desvío (Office Government Commerce, 2009) .La ilustración 21 muestra esta situación.

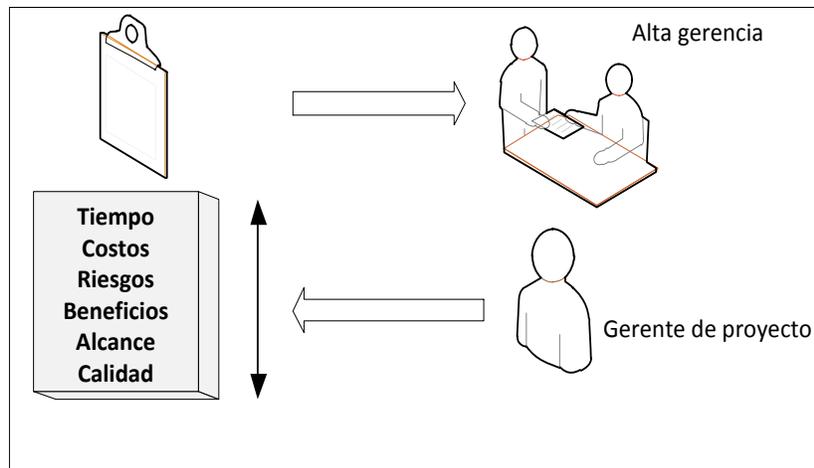


Ilustración 22. Proceso por excepción (Office Government Commerce, 2009).

Definición del alcance: según el PMBOK® la definición del alcance se centra en el proceso que desarrolla una descripción detallada del producto y del proyecto, dando como resultado los límites del producto o del servicio, y por ende, los requisitos recopilados que serán incluidos y los que serán excluidos (PMI, 2013). El White Paper 19 de MESA, describe varios aspectos fundamentales en la definición de un proyecto de implementación de sistemas MES, algunos de estos hacen parte del subproceso de definición de alcance como son (Christine Leshar, 2006):

- a. Alcance del proyecto: en este aspecto usando un aproximación basada en prioridades, cada requisito debe encontrarse ponderado en orden de importancia, fundamentándose en factores cruciales como el alcance de impacto, el rendimiento del capital invertido, el presupuesto y el esfuerzo requerido.

b. Métricas: para medir el proceso de avance del proyecto de implementación MES, es necesario definir unas métricas o indicadores, denominados KPI o indicadores claves de desempeño (del inglés, Key Performance Indicators), están relacionados con distintos departamentos de la planta, como por ejemplo, consumo de agua, consumo energético, tiempos de producción etc.

c. Planificación atada a procesos y eventos: deben tenerse en cuenta los distintos procesos y eventos que presenta la planta, para la realización de actividades de implementación, ya que una parada programada o un periodo de alta producción, pueden afectar el desarrollo de la implementación del sistema MES.

d. Estrategia de implementación: Según Meyer, Fuchs y Thiel, las estrategias de implementación de un sistema MES puede ser:

- Por áreas
- Por proceso productivo
- Big Bang

Es fundamental la definición de la estrategia de implementación a partir de las ventajas y desventajas que cada una de estas, pueda representar para la empresa (Meyer, Fuchs, & Thiel, 2009).

e. Características contractuales del MES: las estas características muestran más especificidad en cuanto a las capacidades técnicas del sistema MES entre ellas están (Meyer, Fuchs, & Thiel, 2009):

1. Requerimientos funcionales
2. Cantidad de maquinas
3. Número de terminales
4. Número de usuarios
5. Descripción de las interfaces
6. Condiciones de entrega
7. Entrenamiento al cliente, de acuerdo a roles en el sistema MES
8. Exclusiones y restricciones del proyecto
9. Hitos del proyecto

f. Equipo de proyecto: es recomendable la creación de un equipo de proyecto, para la implementación de un sistema MES, el cual debe incluir al menos un involucrado de cada departamento afectado y el equipo de contratista o integrador de sistemas MES (Meyer, Fuchs, & Thiel, 2009).

g. Para la definición del alcance de la implementación de un sistema MES, el cliente debe estar informado de que es un sistema MES, ya que la implementación debe estar enfocada en el negocio, no en el software

(Clemons, 2013). En la implementación, resulta fundamental el apoyo y la comprensión de todos los interesados, ya que este proceso conlleva a un cambio en la cultura de la empresa y a un compromiso serio de la organización por la mejora de su competitividad (MQA Consultores, 2012). Un proyecto de implementación, debe tener en cuenta la escalabilidad futura de la planta, la compatibilidad con otros sistemas y la seguridad (McClellan, 2001). En todo momento la definición del alcance y de los requisitos del proyecto de implementación de un sistema MES, deben ser confirmados con el cliente (Project manager Alliance , 2013). Véase ilustración 22.

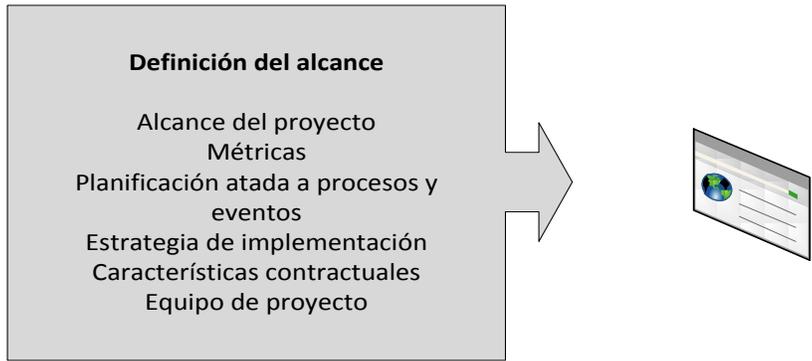


Ilustración 23. Definición del alcance. Autor.

EDT (Estructuras de desglose de trabajo): según el PMBOK®, en este proceso se subdividen las actividades del proyecto, en componentes más pequeños que permiten una mejor forma de trabajar (PMI, 2013). Existen diversas formas para la creación de una EDT, se puede desarrollar un documento totalmente nuevo, se puede reusar componentes o módulos de una EDT previamente definida, se puede basar en una macro o ejemplo para su desarrollo o puede seguir modelos estándar para la construcción de una EDT (Project Management Institute, 2006). El fin de la creación de la EDT, es la representación completa de los entregables del proyecto. Existen métodos que son empleados con éxito en la creación de una EDT, estos métodos pueden ser una guía importante a la hora de construir la EDT de un proyecto de implementación de un sistema MES, véase la Tabla 4. Las ilustraciones 23 y 24 se pueden apreciar los métodos Bottom Up y Top Down.

MÉTODO	VENTAJA
TOP-DOWN	Presenta una estructura adecuada a la hora de la presentación de un reporte. Ayuda a que los proyectos lleven un orden lógico.
BOTTOM UP	Comienza con los entregables del proyecto

<i>WBS STANDARDS</i>	Formatos previamente definidos
<i>WBS TEMPLATES</i>	Proveen un punto de partida para la creación de las EDT

Tabla 4. Métodos para la creación de EDT. (Project Management Institute, 2006).

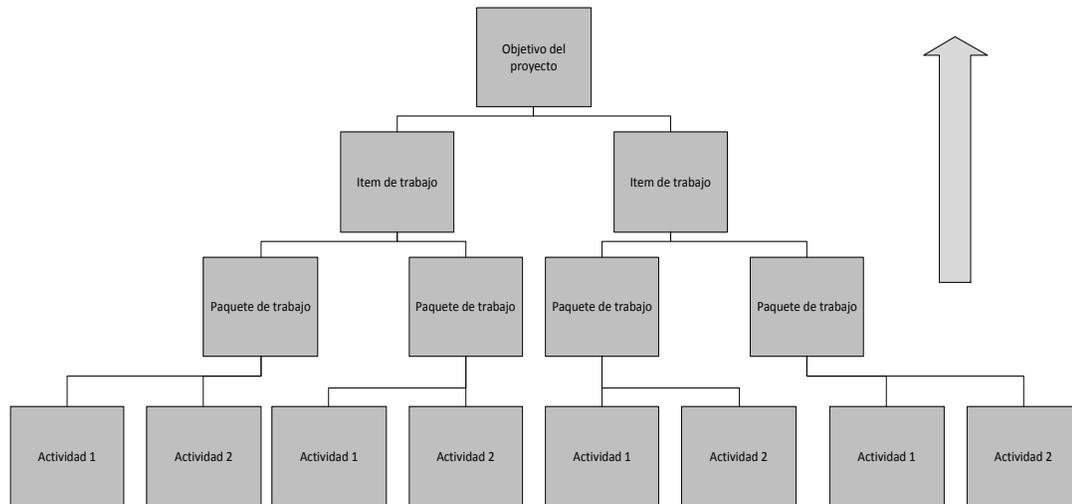


Ilustración 24. Método Bottom UP. Pmknowledgecenter

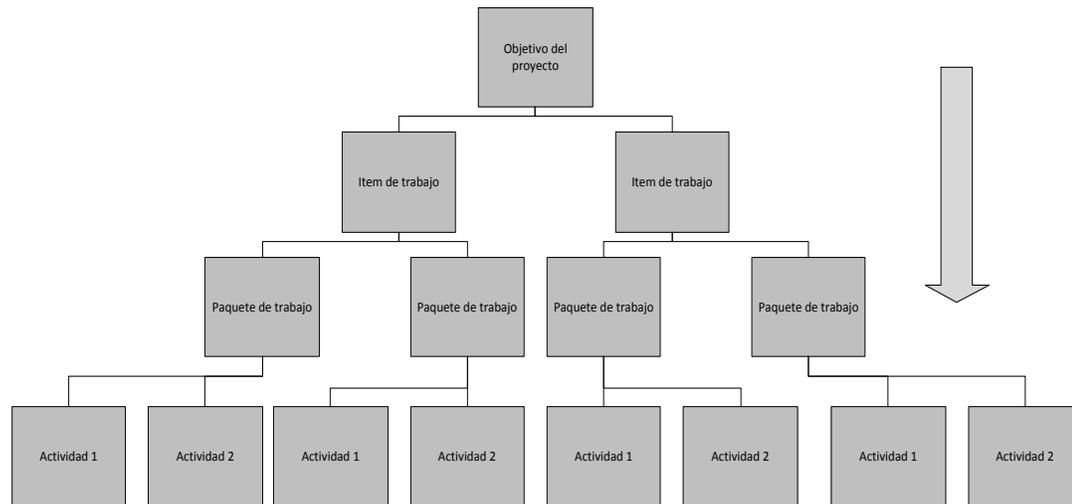


Ilustración 25. Método Top Down. Pmknowledgecenter

Plan de gestión de requisitos: es el plan que describe como se determinarán, analizarán, documentarán y gestionarán los requisitos del proyecto de implementación de un sistema MES (Project Management Institute, 2013). Una mala gestión de los requisitos de los usuarios del sistema MES, puede llevar a demoras en la implementación y al final en el fracaso del proyecto (Greenfield, 2012).

a. Determinación de requisitos: serán necesarios talleres de facilitación entrevistas y prototipos, no solo para la determinación de los requisitos funcionales y no funcionales del sistema MES, ERP y de los niveles de instrumentación y control sino también, para la socialización de las características de un sistema MES, factor clave fundamental en el éxito del proyecto de implementación del sistema MES.

b. Gestión y análisis de requisitos: para la gestión y análisis se deberán tener en cuenta factores cruciales de cambio como se ve en la tabla 4. En la gestión del cambio se hace necesario contar con los siguientes documentos:

- Documento de direccionamiento del cambio: En este documento se debe planificar como se direccionan los cambios generados por los factores de la tabla 4, es decir si se presenta una solicitud de cambio se debe especificar, quien será el responsable de recibirlo, analizarlo, procesarlo y darle solución.

- Documento de impacto del cambio: en este documento queda consignado las repercusiones del cambio, en el alcance, costo, tiempo y calidad del proyecto de implementación.

Factor	Característica
Personas	Contratista, contratante, usuarios
Procesos	Procesos industriales o administrativos
Tecnología	Tecnología industrial y de TI, tanto hardware y software.
Recursos físicos	Recursos financieros, espacios etc.

Tabla 5. Factores de cambio. (Combe, 2014).

c. Documentación de requisitos: La documentación para un proyecto de implementación MES debería tener:

- Requisitos del negocio orientados a la producción
- Requisitos de los departamentos incluidos en el proyecto de implementación
 - Requisitos funcionales y no funcionales de la integración de los niveles de control, MES y ERP
 - Requisitos de la arquitectura de la solución integral
 - Matriz de trazabilidad del ciclo de vida de los requisitos.

Factores de adaptabilidad: este subproceso permite determinar la complejidad del proyecto de implementación del sistema MES y por ende del grado de planificación del mismo (Meyer, Fuchs, & Thiel, 2009). Los aspectos determinantes son:

- Número de operaciones
- Número de productos
- Versiones de productos
- Valor agregado en producción
- Información de requerimientos por mes
- Tamaño de la infraestructura en control de procesos

4.4.3 Etapa de validación del alcance

Plan de validación del alcance: según el PMBOK®, la validación del alcance es el proceso mediante el cual se formaliza la aceptación de los entregables del proyecto que se hayan completado (PMI, 2013). La validación para el proceso de implementación de un sistema MES se hará a partir de las inspecciones a los distintos departamentos involucrados, teniendo en cuenta los diferentes requisitos formulados. Las inspecciones deben tener en cuenta los ritmos de producción de la planta, los periodos de mantenimiento y auditorías, y demás acciones que pueden interrumpir las inspecciones.

4.4.4 Etapa de control del alcance

Plan de control del alcance: según el PMBOK®, controlar el alcance es el proceso mediante el cual se controla el estado del alcance y del producto del proyecto (PMI, 2013). Para analizar el grado de desviación que existen en los objetivos trazados en la implementación del sistema de MES, se pueden utilizar reuniones de seguimiento, donde se analicen los avances, causas de adelanto o atraso en el cronograma y a partir de este se tomen acciones preventivas, correctivas que permitan controlar el desarrollo de la implementación. Las reuniones de seguimiento se deben concertar con el personal de la planta, para no interferir en el proceso productivo de la misma y deben involucrar a los usuarios delegados por la planta.

4.5 Roles para la implementación de un sistema MES

Johnson sugiere los siguientes roles para el equipo de proyecto de implementación MES (Johnson., 2009).

- Director de proyecto MES (Director)
- Jefe de implementación MES (Manager)

- Ingeniero de modelado MES (Sistem Engineer)
- Técnico en análisis de soporte MES (Technical Support Analyst)
- Vendedor de solución MES (Solution Service Vendor)
-

Teniendo en cuenta el modelo de implementación de Bradenburg, se agregan al equipo anterior, técnicos de soporte de instrumentación, control y ERP y expertos en el proceso de negocio de la planta. Sin embargo el equipo de implementación puede reducirse, dependiendo de la complejidad del proyecto y de las competencias que tenga el equipo de implementación en cuanto a sistemas complementarios a MES (Brandenburg, 2013).

Para el modelo de planificación de la gestión de alcance se plantean los siguientes roles:

- Delegado de cada departamento involucrado
- Delegado de la dirección de la planta
- Gerente del proyecto de implementación
- Equipo de implementación

Los delegados de cada departamento involucrado y el de la dirección de la planta, forman el grupo de propietarios del producto e interesados. El gerente del proyecto de implementación, facilitará la gestión y ejecución, mientras que el equipo de implementación, será el encargado del montaje y pruebas del sistema MES.

5 Validación del modelo de planificación

El proceso de validación del modelo de planificación de la gestión de alcance, se hizo mediante una prueba piloto de implementación en una maquina dispuesta para su instalación en una empresa del sector de alimentos. Para la comparación de resultados entre un proyecto implementado con el modelo de planificación para la gestión de alcance y otro que no haya sido implementado a partir de este modelo, se tomaran varios proyectos de implementación de Sistemas MES, que se describen a continuación:

5.1 Implementación de un secador de alimentos automatizado para aplicación en yuca.

- **Nombre del proyecto:** Suministro e instalación de componentes para la construcción de un secador de alimentos.
- **Empresa contratista:** Ingeniería y Servicios Industriales SAS.
- **Empresa Contratante:** No Menciona
- **Monto:** \$ 16.603.779
- **Alcance:** Suministro e instalación de componentes de un secador de alimentos.
- **Tiempo:** 25/07/2012 - 17/12/2012
- **Lecciones aprendidas:** véase 5.1.2 lecciones aprendidas
- **Metodología de gestión empleada:** Ninguna.

5.1.1 Descripción del proyecto.

A pesar de que este proyecto no tenía como objetivo final la implementación de un Sistema MES, si planteaba la necesidad del diseño de automatización de instrumentación, control y Scada de procesos, que según Paul Bradenburg son cruciales a la hora de definir un proyecto de implementación de un Sistema MES (Brandenburg, 2013). Este proyecto partió desde el dimensionamiento y requerimientos para un secador de alimentos con aplicación en yuca. Cuenta con un sistema de control de velocidad de un sistema de ventilación de aire caliente y acceso de aire.

5.1.2 Lecciones aprendidas.

La no determinación de los requerimientos del cliente, la no definición adecuada del alcance del proyecto, la no determinación de un plan de

gestión de cambio en los alcances, produjeron atrasos en la validación del alcance por parte de la empresa contratante y sobrecostos para la empresa contratista, ya que desde un principio no se delimitaron los alcances al que se comprometía la empresa contratante y la empresa contratista. Solo de delimitó el costo y el tiempo del proyecto (Lara, 2013).

5.1.3 Registro fotográfico.

En el presente registro fotográfico se pueden apreciar distintos estadios de la implementación del secador de alimentos.



Ilustración 26. Sistema de control del secador. Autor.



Ilustración 27. Montaje mecánico. Autor.



Ilustración 28. Sistema secador de alimentos. Autor.

5.2 Implementación de un Sistema MES, aplicación SCADA de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana.

- **Nombre del proyecto:** Implementación de un Sistema MES, aplicación SCADA de la planta térmica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.
- **Empresa contratista:** Ing Jesica Ariza Duran (UPB Bucaramanga).
- **Empresa Contratante:** No Menciona
- **Monto:** \$ 40.000.000
- **Alcance:** Diseño e implementación de un sistema MES para una planta térmica.
- **Tiempo:** 2012-2013 (un año y medio)
- **Lecciones aprendidas:** Véase 5.2.2 lecciones aprendidas
- **Metodología de gestión empleada:** Ninguna.

5.2.1 Descripción del proyecto.

A pesar de que el modelo propuesto fue aplicado en una empresa del sector de bebidas y alimentos directamente, si aplica sobre una maquina de uso común en la industria de alimentos como son las plantas térmicas de intercambio de calor y calderas. Según Ariza este proyecto partió desde el dimensionamiento y requerimientos de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga sobre los sistemas MES. La instrumentación ya estaba colocada, también existía un inventario de señales. La metodología de construcción fue (Ariza, 2014):

- Consideración de normas aplicables
- Diseño de la instrumentación
- Concepción del modelo de la planta.
- Creación de los objetos
- Visualización del SCADA
- Diseño MES
- Pruebas de funcionamiento

Para la recopilación de requisitos se realizaron reuniones con los directores de cada facultad involucrada (Ingeniería Mecánica, Ingeniería Industrial e Ingeniería Electrónica) para conocer sus puntos de vista. Los alcances del proyecto se definieron por secciones (automatización, procesos, producción), cada director sabía lo que esperaba del proyecto de implementación del sistema MES. Para el control del avance del proyecto se realizaron informes de avance, donde cada director conocía el estado real del proyecto en cada instante del tiempo (Ariza, 2014)

5.2.2 Lecciones aprendidas.

Según Ariza en este proyecto se pueden mencionar los siguientes puntos a mejorar (Ariza, 2014) :

- Faltó claridad en la definición de un sistema MES.
- Se presentó un bajo nivel de análisis previo del proceso a automatizar.
- Se tenía un bajo conocimiento en el software seleccionado para la implementación del sistema MES.

Estos puntos repercutieron en demoras en la ejecución del proyecto de implementación, teniendo que invertir más tiempo en los procesos de construcción de la solución MES (Ariza, 2014)

5.2.3 Registro fotográfico.

En el presente registro fotográfico se pueden apreciar distintos componentes del sistema MES implementado.

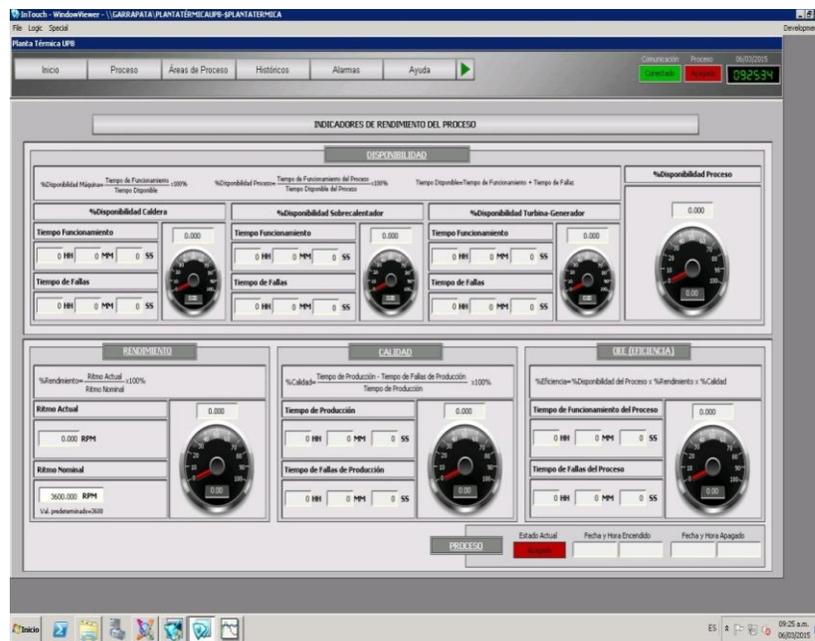


Ilustración 29. Pantalla MES. (Ariza, 2014).



Ilustración 30.Planta Térmica. (Ariza, 2014).

5.3 Implementación de un secador de alimentos aplicado a la industria de alimentos

- **Nombre del proyecto:** Implementación de un secador de alimentos con sistema de control, SCADA y MES, aplicado al procesamiento de maíz.
- **Empresa contratista:** ISI SAS
- **Empresa Contratante:** No Menciona
- **Monto:** \$ 28.000.000
- **Alcance:** Diseño y montaje de un secador de alimentos con sistema de control, SCADA y MES, aplicado al procesamiento de maíz
- **Tiempo:** 05/02/2015 - 17/05/2015
- **Metodología de gestión empleada:** Modelo de planificación de la gestión de alcance.

Etapa de inicio

Para la aplicación del modelo se procedió de la siguiente forma

Business Case: en este documento se describieron de una forma corta las razones, riesgos y ventajas por las cuales se realizó el proyecto, el cliente menciona entre ellas:

- a. La realización de pruebas a distintas temperaturas y velocidades de viento para probar, sus modelos de optimación de secado de maíz.
- b. En proyectos anteriores el cliente cambió constantemente el alcance, afectando el presupuesto inicial.
- c. El cliente podría monitorear variables como disponibilidad de la máquina y alteraciones en las condiciones de control del proceso.

Acta de Inicio: este es un documento se consignaron aspectos como:

- a. Descripción del proyecto: el cual mencionaba lo siguiente:

El proyecto “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN UN SISTEMA MES EN UN SECADOR DE ALIMENTOS PARA LA EMPRESA ¹**”, consiste en el diseño e implementación de un sistema de control basado en SCADA con aplicaciones MES para un secador industrial de la empresa, para procesos de secado de la industria de alimentos. Este proyecto se centra en el control de temperatura en un túnel de secado a partir de una resistencia de calor, termocuplas y un ventilador industrial. La adquisición de datos provenientes de dos termocuplas ubicadas en el túnel de secado, serán procesadas en un sistema de control compuesto por un PLC con módulos digitales y análogos. El sistema de control cuenta con un actuador de control de movimiento basado en un variador trifásico y un motor. La interfaz de control podrá registrar las variables de temperatura y velocidad del motor provenientes de las termocuplas y del variador, a la vez podrá tener visualización de variables disponibilidad del equipo y capacidad operativa de la máquina, la variable calidad será captada a partir los tiempos en que la variable de temperatura no esté en los rangos de tolerancia definidos por el usuario. Los rangos de funcionamiento de la máquina y sus características de diseño, corresponden a las normas que exige el cliente para secado de alimentos.

- b. La oportunidad descrita por el cliente consiste en la realización de pruebas a distintas temperaturas y velocidades de viento para probar, sus modelos de optimación de secado de maíz.
- c. Restricciones del producto y del proyecto: el proyecto no incluye:

¹ El contratista y el cliente no aceptarán la divulgación de sus documentos de forma completa, ni de especificaciones de diseño y normatividad de la máquina de secado.

Control ni monitoreo de la variable humedad en el túnel, ni de ninguna variable que no haya sido mencionada en la cotización ISI15 0004.

Básculas, celdas de carga, o ningún tipo de sensor o equipo para determinar la masa de los alimentos a secar.

Transporte o desplazamientos fuera de la ciudad de Montería.

- d. Definición de actividades para los procesos de control, supervisión y MES: se definieron actividades según los niveles de instrumentación, control y MES.
- e. Definición de la normatividad que usan los procesos productivos y los procesos de negocio y de gestión de la empresa: debido a que la máquina no será introducida dentro de una red de comunicaciones corporativa, solo se implementan los sistemas de control y procesos según los requerimientos del cliente.
- f. Descripción de la situación actual de la planta tanto para el proceso productivo, como de su infraestructura de tecnologías de información: debido a que la máquina no será introducida dentro de una red de comunicaciones corporativa, no se realiza una descripción de la situación actual de la misma, sin embargo los sistemas de control con los que cuenta la máquina de secado, pueden ser escalables a una red de comunicación industrial.
- g. Análisis de las partes interesadas en el proyecto de implementación, sus expectativas y aportes: se realizó una reunión que permitió :
 - 1. Definir para el cliente lo que representa un sistema MES.
 - 2. Los riesgos y oportunidades de su implementación.

Acta de lecciones aprendidas: se revisaron las lecciones aprendidas en proyectos anteriores realizados por el contratista con el cliente actual y con otros clientes, con el fin de proveer posibles inconvenientes.

Etapa de planificación del alcance

Proceso de gestión por excepción: la gestión por excepción consistió en definir los parámetros que la empresa contratista usaría para elevar al nivel de dirección de la empresa, los problemas que se presentasen en el desarrollo del proyecto.

- Tiempo: si el cierre del proyecto se lleva más de una semana.
- Costo : si cualquiera de los costos programados excede el 5%
- Calidad: si existen cambios en los productos que se iban a usar en el desarrollo del proyecto.
- Alcance: si existe cambios en el alcance de proyectos.
- Beneficios: si existen desviaciones en los beneficios del proyecto.
- Riesgos: si existen cambios superiores al 20% del costo del dólar calculado para la ejecución del proyecto.

Definición del alcance:

h. Alcance del proyecto: se ponderaron los requisitos teniendo en cuenta:

- a. La complejidad en la ejecución del mismo.
- b. La secuencia de ejecución según el modelo de Bradenburg.
- c. La funcionalidad del sistema de control

i. Métricas: los indicadores claves de desempeño fueron:

- a. Cantidad de masa a secar por ciclo.
- b. Cantidad de energía consumida.

j. Planificación atada a procesos y eventos: se tuvieron en cuenta los turnos de trabajo, festivos y vacaciones programadas.

k. Estrategia de implementación: la implementación del sistema fue bajo el modelo de bing bang debido a que a la escala de implementación del proyecto.

l. Características contractuales del MES: dentro de las capacidades técnicas del sistema se definieron:

1. Requerimientos funcionales
2. Cantidad de maquinas
3. Número de terminales
4. Número de usuarios
5. Descripción de las interfaces

6. Condiciones de entrega
7. Entrenamiento al cliente, de acuerdo a roles en el sistema MES
8. Exclusiones y restricciones del proyecto
9. Hitos del proyecto

m. Equipo de proyecto: el equipo del proyecto estaba integrado por tres ingenieros y un representante del cliente, encargado de validar el alcance.

EDT (Estructuras de desglose de trabajo): Para las estructuras de desglose de trabajo, se tomó como herramienta Project Libre y se aplicó el modelo de top down. Véase ilustración 30.

	Nombre	Predecesor...
1	<input type="checkbox"/> Proyecto de implementación de sistema MES	
2	<input checked="" type="checkbox"/> Gestión del proyecto	
95	<input type="checkbox"/> Implementación de sistema MES	
96	<input type="checkbox"/> Condiciones iniciales	23
97	Levantar el estado de la planta para implementación	
98	Establecer las normas y reglamentación del proceso	97
99	Diseñar el marco conceptual de alto nivel de la solución MES	98
100	<input type="checkbox"/> Subproyecto de implementación de Instrumentación	96
101	Diseñar los sistemas de instrumentación	99
102	Construir los sistemas instrumentados	101
103	Realizar pruebas de los sistemas instrumentados	102
104	<input type="checkbox"/> Subproyecto de implementación de control de procesos	100
105	Diseñar los sistemas de control industrial	
106	Construir los sistemas de control industrial	105
107	Realizar las pruebas de los sistemas de control industrial	106
108	<input type="checkbox"/> Subproyecto de implementación de la solución MES	
109	Diseñar la solución MES	107
110	Construir de la solución MES	109
111	Realizar pruebas de la solución MES	110
112	Implementar la solución MES	111
113	Desplegar la solución MES	112
114	<input type="checkbox"/> Cierre de la implementación	
115	Reunión de cierre	113

Ilustración 31. Estructura de desglose de trabajo .Autor.

Plan de gestión de requisitos: este plan se compuso de los siguientes componentes:

d. Determinación de requisitos: para la determinación de los requisitos se realizaron reuniones con el cliente para determinar entre otras cosas:

- a. Que pretendía obtener con el desarrollo del proyecto.
 - b. Que entendía por sistema MES
 - c. Qué tipo de interface de control prefería (se presentaron pantallas prototipo).
- e. Gestión y análisis de requisitos: se realizó un análisis básico de los requisitos teniendo en cuenta:
- a. Usuarios del sistema.
 - b. Proceso industrial a controlar
 - c. La arquitectura de control
 - d. El espacio y los servicios industriales necesarios para la instalación de la máquina de secado.

- Documento de direccionamiento del cambio: para la gestión del cambio se determinó , quien era la persona encargada por parte del cliente para solicitar cambios en el desarrollo del proyecto, además por parte del contratista se designó un ingeniero que sería el responsable de recibir y analizar y dar respuesta a los cambios solicitados

- Documento de impacto del cambio: se escribió un documento donde quedaban consignadas las repercusiones del cambio, en el alcance, costo, tiempo y calidad del proyecto de implementación, el documento fue socializado con el cliente. Este documento es aparte de la solicitud de orden de trabajo y el contrato de ejecución.

f. Documentación de requisitos: debido al tamaño del proyecto piloto en cuanto a infraestructura a instalar, la documentación de requisitos solo incluyó:

- Requisitos funcionales y no funcionales de la integración de los niveles de control, MES.
- Requisitos de la arquitectura de la solución integral

Factores de adaptabilidad: debido al tamaño del proyecto piloto en cuanto a infraestructura a instalar. Los aspectos determinantes fueron:

- Número de productos
- Versiones de productos
- Tamaño de la infraestructura en control de procesos

Etapa de validación del alcance

Plan de validación del alcance: la validación del alcance se hizo al final de la entrega de cada etapa parcial según el modelo de Bradenburg. El cliente designó una persona encargada de recibir y validar las entregas parciales.

Etapa de control del alcance

Plan de control del alcance: el seguimiento lo realizó la empresa contratista con un ingeniero designado para ello al igual que el cliente, el seguimiento de avance se realizó de forma semanal en las instalaciones del cliente o en las del contratista dependiendo la etapa de desarrollo del proyecto.

Roles para la implementación de un sistema MES

Teniendo en cuenta el alcance y el tamaño del proyecto se plantearon los siguientes roles:

- Delegado del cliente
- Director del proyecto de implementación
- Equipo de implementación

5.4 Comparaciones entre el proyecto piloto y los proyectos realizados anteriormente

A diferencia de los proyectos anteriores al proyecto piloto donde se usó el modelo propuesto, se logró entregar un producto conforme, dentro de los tiempos y expectativas del cliente, aunque cabe resaltar que los tiempos del cliente, no coincidieron con el tiempo planificado, debido a demoras en la recepción del producto. El modelo permitió que se definiera de forma clara el alcance del producto y las restricciones del mismo, ya que en experiencias de los proyectos anteriores, la empresa contratante y la contratista presentaron no conformidades con la definición del alcance. Las lecciones aprendidas de los proyectos anteriores fueron implementadas en el modelo de planificación de la gestión de alcance, permitiendo obtener los siguientes resultados, una vez realizada la aplicación en la prueba piloto:

- Una mejor delimitación del alcance
- Una mejor planificación de la gestión del cambio
- Una clara definición de roles de implementación
- Una definición clara de lo que es MES.

6 Conclusiones resultados y trabajos futuros

El presente trabajo de investigación permitió obtener resultados importantes para seguir mejorando los procesos de gestión de los proyectos de implementación de sistemas MES, de igual forma establece un precedente para la realización de futuros trabajos de investigación en esta área.

6.1 Conclusiones

La recolección de información del estado del arte en la implementación de proyectos MES y en especial de su gestión de alcance, fueron determinantes al momento de construir el modelo, pues permitió conjugar distintas visiones y experiencias relativas al tema de gestión de proyectos de implementación de sistemas MES.

Una buena planificación de la gestión de alcance permite determinar los requisitos, controlar y validar el alcance de un proyecto de implementación de sistemas MES. El modelo de planificación puede ser mejorado para dar respuesta a proyectos que busquen no solo mejorar los procesos productivos a través de la implementación de un sistema MES, sino que además tiendan a la eficiencia energética de los procesos productivos de una planta. El modelo de planificación presentó los siguientes inconvenientes una vez aplicado en la prueba piloto:

- El modelo tiene en cuenta los tiempos de entrega por parte del contratista, pero desconoce las fechas de aceptación o recepción del proyecto por parte de la empresa contratante
- El modelo no tiene en cuenta los procesos administrativos propios de una empresa de ingeniería de proyectos de automatización, en la cual se manejan varios proyectos a la vez.

•
La validación del modelo mediante un proyecto piloto, permitió conocer de primera fuente las necesidades de un cliente de este tipo de proyectos.

El proyecto piloto facilitó escenarios de encuentro entre el cliente final y el contratista encargado de la implementación, los cuales mitigaron el número de inconformidades presentadas en proyectos anteriores entre los interesados.

6.2 Resultados

El presente trabajo de investigación permitió obtener los siguientes productos:

- a. Participación en el Sexto Seminario Internacional de Ingeniería Electrónica ISSN 2389-8771, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga 7 de agosto de 2014. Con el artículo “State of the art in the implementation project management of Manufacturing Execution System MES. Planning for the management of scope”. Ver Anexo 2.
- b. Se construyó el texto guía Sistemas de Ejecución de Manufactura en español, para el curso de Sistemas MES, en la especialización en Control e Instrumentación Industrial, de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, añadiendo en esta edición el anexo “State of the art in the implementation project management of Manufacturing Execution System MES“. Planning for the management of scope”. Ver Anexo 3.
- c. Carta de agradecimiento de la empresa contratista que facilitó el proyecto piloto. Ver Anexo 4.
- d. Presentación del artículo “Planning model of scope in projects of implementation of Manufacturing Execution Systems MES Case study of Food Industry” a la Revista Gerencia Tecnológica Informática Categoría B (en proceso de evaluación). Ver Anexo 5.
- e. Presentación del artículo “Planificación del alcance en proyectos de implementación de sistemas de ejecución de manufactura MES” a la Revista Ingenio Magno Categoría C (en proceso de evaluación). Ver Anexo 6.

6.3 Trabajos futuros

El modelo de planificación puede ser mejorado para dar respuesta a proyectos que busquen no solo mejorar los procesos productivos a través de la implementación de un sistema MES, sino que además tiendan a la eficiencia energética de los procesos productivos de una planta.

7 Bibliografía

Aldunate, E., & Córdoba, J. (2011). *Formulación de programas con la metodología de marco lógico*. Santiago de Chile: CEPAL.

Alfaro, L. N. (2006). *Administración de Proyectos Con Marco Lógico y Enfoque del PMI*. (Núñez & Asociados Ltda- Vitalit.) Recuperado el 01 de 01 de 2014, de www.vitalit.co.cr

Anisimov Okhotsimskii, K. A. (2010). MES Manufacturing Execution System. *automation and production* , 15-18.

Anisimov, D. E., & Reshetnikov, I. S. (2010). effective control of production technologies. *automation and production* , 9-12.

Anisimov, D. E., & Reshetnikov, I. S. (2011). Management Aspect in MES Implementación Project. *Automatión and Remote Control* , 72 (6), 1319-1332.

Anisimov, D. (2009). Specificity control. *Conference efficient management of production technology*. Moscow.

Anisimov, D. (2009). The specifics of the project management of MES. *MESA 2009*.

Anisimov, D., & Reshetnikov, I. (2011). Management aspect in MES implementations projects. *Automation and remote control* , 72 (6), 1319,1332.

Ariza, J. (4 de 10 de 2014). Lecciones aprendidas del proyecto "Planta termica UPB Bucaramanga". (F. Lara, Entrevistador)

Arnesh Telukdarie, C. P. (2008). Manufacturing execution System Implelemtation strategy for Continous Petrochemical Processes. *MESA European Conference*. Prague.

Asamblea Departamental. (2012). *Plan de desarrollo. Gestión y buen gobierno para la prosperidad de Cordoba. Periodo 2012 - 2015*. Monteria: Asamblea Departamental.

Banerjee, A. N. (2013). Design of Manufacturing Execution System for FMCG Industries. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)* , 5 (3), 2366,2367.

Brandenburg, P. (2013). Keys to integrating automation, MES, and business systems. *In Tech Factory Automation* , 2.

Brown, E. (2010). Growing MES from Where You Are. *MESA Noth American Conference*. Michigan.

Bruhn, T. (1997). Successful MES implementation hinges on knowledgeable systems integrator. *Pulp and Paper* , 71 (5), 103-105.

Caponetti Fabio, M. P. (2009). MES Development framework. *Europe Conference MESA*.

Chris Wubbolt, J. T. (2012). Considerations for Validation of Manufacturing Execution Systems. *Journal of Validation Technology* , 80-84.

Christine Leshner, E. P. (2006). *Applying a Phased Approach for a Successful Manufacturing Execution System (MES) Project*. MESA-Citec.

Clemons, J. (7 de 12 de 2013). *Maverick Technologies*. Recuperado el 04 de 03 de 2014, de <http://www.mavtechglobal.com/ideas/2013/12/17/some-perspectives-on-mes-implementations-part-1/>

Combe, M. (2014). *Change Readiness*. New Town Square: PMI.

Dirección Ejecutiva de Estudios Económicos (DEEE) – Banco Davivienda. (2013). *LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN 2012*. Bogota: Davivienda SA.

Elliott, R. (2013). *Manufacturing Execution System (MES) An Examination of Implementation Strategy*. San Luis Obispo: California Polytechnic State University.

Engelbrecht, D. (2008). Barriers to entry for MES. *EngineerIT* , 15-16.

Evan Hand Jr, S. L. (2007). Control: The foundation of a MES implementation. *MESA North American Conference*.

Ferrazzi, A. (2012). *Manufacturing execution system : a case study in the aerospace industry*. Padua: University of Padua.

Fuentes, E., & Garzon, L. (2013). *Diseño de estrategias de innovación de procesos industriales y productos y productos para el mejoramiento de la competitividad de las empresas del sector agroindustrial del Departamento de Córdoba*. Montería.

Gagelin, J. (2012). *SISTEMAS MES: El futuro de la industria* . Medellín: UPB Seccional Medellín.

Gerberich, T. (2010). *Lean oder MES in der Lean oder MES in der*. Berlin: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Ghosh, S. F. (2012). Enhance PMBOK® by Comparing it with P2M, ICB, PRINCE2, APM and Scrum Project Management Standards. *PM WORLD TODAY* , XIV (I), 1,5.

Gilad Langer, K. L. (2010). Lesson Learned in Global MES Roll Out. *MESA North American Conference*. Michigan.

Giunchetti, F. F. (2004). *Coordenação de projetos para implementação de sistemas MES*. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá – unifei.

Gonçalves, L. A., & Maciel Filho, R. (2013). Alcohol Production Process Modelling Based on Indicators using Transactional Software, Industrial Automation and Manufacturing Execution Systems-MES. *Chemical Engineering* , 32, 1332-1337.

- Greenfield, D. (2012). Mejores practicas de la implementación MES. *Automatión World* , 2.
- Hambly, H. (2001). *Engendering The Logical Framework*. ISNAR.
- Hermarij, J. (2013). *The better practices of project management based on IPMA competence*. Netherlands: Van Her Publishing.
- ICONTEC. (2003). *Norma Tecnica Colombiana NTC-ISO 10006*. Bogota: ICONTEC.
- INTECO. (2009). *Guia Practica de gestión de proyectos. Laboratorio Nacional de Calidad del Software de INTECO, Gobierno de España, Ministerio de Industria Comercio y Turismo, Secretaria de estado de telecomunicaciones y para la sociedad de la información*. Madrid: Laboratorio Nacional de Calidad del Software de INTECO.
- ISA. (2010). *ANSI/ISA-95.00.01-2010 (IEC 62264-1 Mod). Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology* (Vols. ISBN: 978-1-936007-47-9). North Carolina: ISA.
- ISA ORG. (2014). ISA. (ISA ORG) Recuperado el 04 de 03 de 2014, de <https://www.isa.org/>
- Jhon Southcott, S. J. (2010). Multiple Site MES projects: System Implementation is Half Battle. *MESA North American Conference*. Michigan.
- Johnson, F. K. (2010). The Future of Manufacturing Execution Systems. The Brave New Modular World of Manufacturing Intelligence. *2011 Southwest Decision Sciences Institute Conference*. Houston.
- Johnson., F. K. (2009). *Building Your MES Team*. Southwest Decision Sciences Institute.
- Kesici, B. K. (2012). *Integrative Anwendbarkeit von MES-Systemen in Unternehmen mit einem Lean Produktionsumfeld*. Alemania: Fachhochschule Vorarlberg GmbH.
- Kletti, J. (2007). *Manufacturing execution System - MES*. Alemania: Springer.
- Knight, J., & Lamb, S. (10 de 01 de 2006). *Medical Divece and Diagnostic Industry*. Recuperado el 04 de 03 de 2014, de <http://www.mddionline.com/article/selecting-and-using-manufacturing-execution-system>
- Kohn, F. S. (2000). The implementation of a Manufacturing Execute System (MES) within a biological manufacturing company. *Pharmaceutical Engineering* , 20, 30,36.
- Kozletsov, A. (2012). MES not only production planning production Automation. *R a t i o n a l E n t e r p r i s e M a n a g e m e n t* , 6, 62, 63.
- Kozletsov, A. (2013). On the choice of MES. *Efficient production MESCENTER.RU* , 29-32.
- Lara, F. (2013). *Proyecto Secador de alimentos*. Monteria: ISI SAS.
- Larsen, K. M. (2009). What makes MES project a Sucess? *MESA Europe Conference*. Berlin.

- Libardo Steven Muñoz, F. Y. (2011). *PRINCIPIOS PARA LA APLICACIÓN DEL ESTÁNDAR ISA S95*. Popayan : Grupo de I+D en Automática Industrial - Universidad del Cauca.
- M.A.Karani. (2005). *Implementing manufacturing execution system within large organizations* . London: University of the North West .
- McCann, D. (2010). ¿How Well do you decide? *CFO.com Magazine* , 1.
- McClellan, M. (2001). Introduction to Manufacturing Execution System. *MES Conference & Exposition* . Baltimore.
- MESA International org . (2013). *MESA International*. (MESA International org) Recuperado el 03 de 03 de 2014, de <http://www.mesa.org/en/index.asp>
- MESA. (01 de 01 de 2012). *MESCENTER*. (MES-центр Восточная Европа) Recuperado el 03 de 03 de 2014, de <http://www.mescenter.ru/index.php/home/aboutinfo>
- Meyer, H. (2010). Software Architecture of Manufacturing Execution Systems. *SYSTEMICS, CYBERNETICS AND INFORMATICS* , 8 (2), 62-64.
- Meyer, H., Fuchs, F., & Thiel, K. (2009). *Manufacturing Execution System*. Mc Graw Hill. ISBN: 978-0-07-162602-6.
- Montes Guerra, M. I.-S. (2013). Estándares y metodologías: Instrumentos esenciales para la aplicación de la dirección de proyectos. *Revista de Tecnología* , 12 (2), 11-23.
- MQA Consultores. (11 de 12 de 2012). *MQA Consultores*. (MQA Consultores) Recuperado el 01 de 02 de 2014, de <https://www.youtube.com/watch?v=Xtr6Xg5zHQo>
- Mulcahy, R. (2009). Project Management Processes In: PMP Exam Prep., V. RCM Publications.
- NG Markov, O. K. (2013). The method of monitoring the implementation process in the oil and gas company MES. *reports TUSUR* , 30 (4), 147-152.
- Norbert, G. (2006). Wirtschaftlichkeitsbewertung einer MES-Einführung. *IT Production* , 30-33.
- Office Government Commerce. (2009). *Managing successful project with PRINCE2*. United Kingdom: TSO.
- Ohara, S. (2005). *A Guidebook of Project & Program Management for Enterprise Innovation* (Vol. Vol II). Japan: Project Management Association of Japan.
- Orjuela, A. E. (2011). Scope Planning in software projects. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada* , 2 (18), 62.
- Petri, H. (2013). *What is Manufacturing Execution System (MES) and why should companies invest in that?* University of Vaasa, Tallinn, Estonia.

- Philipp, L. (2008). *Manufacturing Execution Systems*. Alemania: GWV Fachverlage GmbH.
- Philipp, L. (2009). *Manufacturing Execution Systems Fundamentals and selection* (Vols. ISBN 978-3-8349-1018-9). Germany: GWV Fachverlage GmbH.
- PMI. (2013). *A Guide to the project management body of knowledge* (5 ed.). Pennsylvania: PMI.
- Pradesa, L, R. F.-D. (2013). Defining a Methodology to Design and Implement Business Process Models in BPMN according to the Standard ANSI/ISA-95 in a Manufacturing Enterprise. *The Manufacturing Engineering Society International Conference, MESIC*. Zaragoza.
- Proalnet sas. (24 de 08 de 2012). *Proalnet sas*. (Proalnet sas) Recuperado el 02 de 01 de 2014, de <http://www.youtube.com/watch?v=QM2C9lpw1io>
- Project Management Institute. (2006). *Practice Standard for Work Breakdown Structures*. (Second, Ed.) Pennsylvania: Project Management Institute.
- Project manager Alliance . (16 de 10 de 2013). *MES project management experience when requirements change*. (Project manager Alliance) Recuperado el 04 de 03 de 2014, de http://www.mypm.net/articles/show_articles_contens.asp?articleID=26351
- Rang, S. M. (2012). Successful implementations of a MES in Korean manufacturing SMEs: an empirical study. *Production Research* , 50 (7), 1942-1954.
- Rehacek, P. (2014). Standards ISO 21500 and PMBoK Guide for Project Management. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology* , III (I), 288,289.
- Robleto, J. (2009). *Propuesta de una metodologia estandar para la administración de proyectos del departamento de TI de la empresa XYZ*. Costa Rica: Universidad para la Cooperación Internacional.
- Sandoval, J. (2010). How to implement MES without Making a MESS. *WBF North American Conference*.
- Scholten, B. (2008). MES ownership up in air. *In Tech* , 1-8.
- Scholten, B. (2008). MES ownership up in air. *Intech* , 3.
- Schumacher, S. (03 de 03 de 2011). *Projektmanagement beim MES-Einsatz Erfolgsfaktoren für die System Einführung*. (IT Production) Recuperado el 04 de 03 de 2014, de http://www.it-production.com/index.php?seite=einzel_artikel_ansicht&id=57795
- Shrivastava, A. (2013). *Best Practices for Global MES Rollouts*. New Jersey: Cognizant.
- Siemens. (2012). *A panorama of MES Applications with SIMATIC IT*. Berlin: Siemens.
- Southcott, J., & Jacobson, S. (2010). Multiple Site Projects: System Implementation is Half. *MESA North American Conference*. Michigan.

Stepan Bogdan, A. K. (2011). Manufacturing Execution Systems Intellectualization: Oil and Gas Implementation Sample. *First International Conference, MEDI 2011,, 6918*, págs. 170-177. Portugal.

Turley, F. (2009). *El Modelo de Procesos PRINCE2. Una magnífica introducción a PRINCE2*. Academia Bizness Academy.

URSS. (1997). *State Of USSR Standard Information Technology*. Moscow: IPK Publishing.

Van Der Walt, N. (01 de 08 de 2011). *Instrumentation And Control South African*. Recuperado el 04 de 03 de 2014, de <http://www.instrumentation.co.za/article.aspx?pkarticleid=6958>

Vásquez González, P. (2007). *Metodologías de Gestión de Proyectos, alcance, impacto y tendencias*. Santiago: Universidad de Chile. Facultad de Economía y Negocios. Escuela de Sistemas de información y asesorías.

Versteegh, C. (2007). MES: The Bow & Arrow or the Indian? *MESA European Conference*. Barcelona.

Webb M, T. D. (1998). Electronic batch records : An MES pilot implementation case study. *Pharmaceutical technology* , 22 (11), 42-56.

Wissink, B. (2008). *MES Harmonization in a Multi-Site, Multi-Country and Multi-Cultural Environment. Case Study of a Plant to Enterprise Solution*. Atos Origin- MESA.

Zandhuis, A. S. (2013). *ISO 21500 guidance of project management*. Amersfoort: Van Her Publishing.

ANEXO 1

Registro fotográfico de la implementación.



Ilustración 32. Equipos de control para el proyecto. Autor.

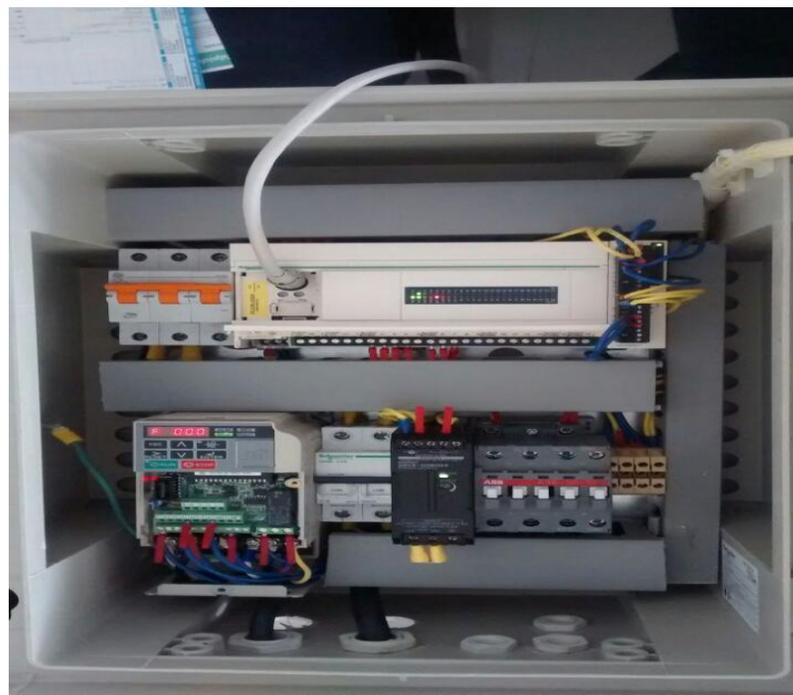


Ilustración 33. Tablero de control.Autor.

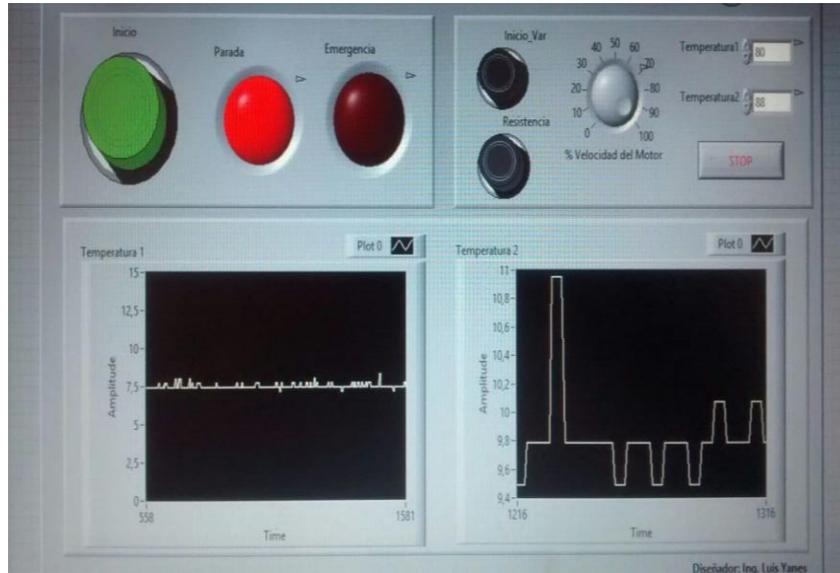


Ilustración 34. SCADA de la aplicación sin incluir el nombre del Cliente.Autor.

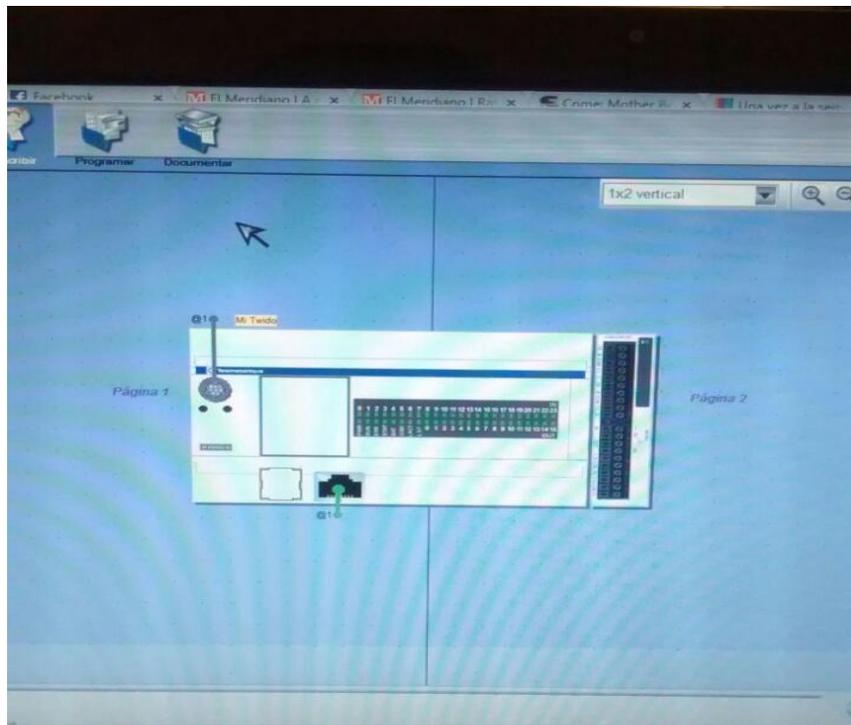


Ilustración 35. Programación del PLC.Autor.



Ilustración 36. Montaje del equipo secador. Autor.

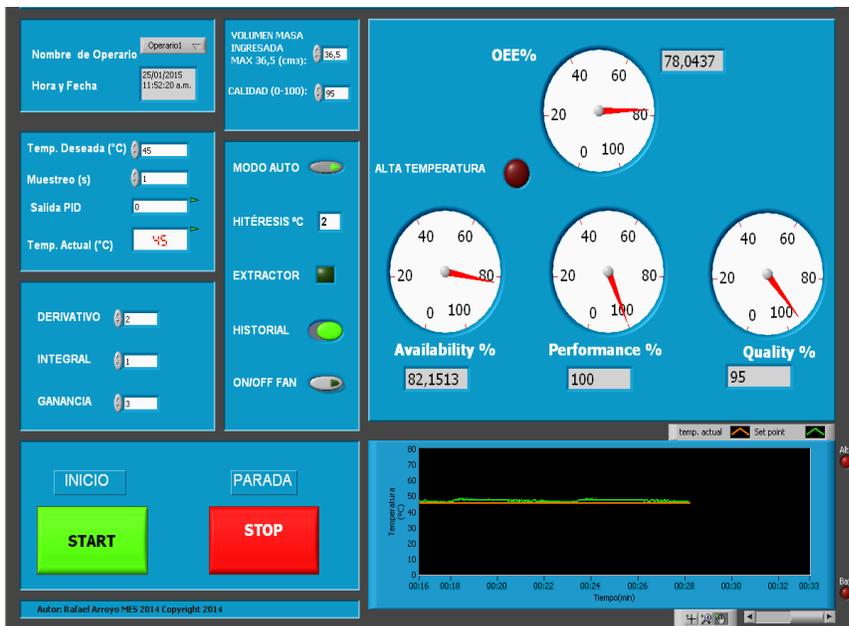


Ilustración 37. Pantalla MES local. Autor.

ANEXO 7

Modelo de entrevistas para proyectos previos

FORMATO DE ENTREVISTA PARA PROYECTOS PREVIOS	Fecha
Nombre del entrevistado	
Nombre del entrevistador	
Nombre del proyecto	
Empresa contratista	
Empresa contratante	
Alcance	
Tiempo de ejecución	
Metodología de gestión	
Lecciones aprendidas	
Descripción del proyecto	

Modelo de entrevistas para la implementación

FORMATO DE ENTREVISTA PARA PROYECTOS CON EL MODELO DE PLANIFICACIÓN DE ALCANCE		Fecha
Nombre del entrevistado		
Nombre del entrevistador		
Nombre del proyecto		
Empresa contratista		
Cargo		
Empresa contratante		
Alcance		
Tiempo de ejecución		
Metodología de gestión		
Descripción del proyecto		
Describe las ventajas que le proporcionó el usar el modelo de planificación de alcance		
Describe las desventajas que obtuvo al usar el modelo de planificación de alcance		
Como mejoraría usted el modelo de planificación de alcance		