



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

DISEÑO DE CADENAS DE SUMINISTRO EN MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS EN
ETAPA DE INCUBACIÓN, UTILIZANDO SIMULACIÓN

MODALIDAD DE GRADUACIÓN: TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ING. ALAN JOEL OCHOA RAMOS

TUTOR PRINCIPAL
DRA. MAYRA ELIZONDO CORTÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. JUNIO 2017

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Sánchez Lara Benito

Secretario: Dra. Monroy León Cozumel Allanec

Vocal: Dra. Elizondo Cortés Mayra

1^{er.} Suplente: M. en I. Torres Mendoza Ricardo

2^{d o.} Suplente: M. en I. García Telésforo Tania Beranyeth

Lugar donde se realizó la tesis:
Universidad Nacional Autónoma de México
Posgrado de Ingeniería
Ciudad de México, México

TUTOR DE TESIS:

Dra. Elizondo Cortés Mayra

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Digna y Martín, por todo el apoyo y amor incondicional que me han dado en la vida, sin ustedes no podría haber llegado a donde lo he hecho, siempre han sido y serán mis alas y el hogar que llevo en mi corazón todo el tiempo.

A mis hermanos Martín, Iván y Karla, por ser mis compañeros de vida y apoyarme en todo este camino.

A Rubí, por acompañarme y estar siempre conmigo en los momentos más difíciles de esta maestría, por regresarme la motivación cuando he estado a punto de tirar la toalla, gracias por tu amor y comprensión, que han sido mi motor para sacar adelante este proyecto.

A la Dra. Mayra, por todos los consejos y el conocimientos que me transmitió, con una paciencia y vocación ejemplares; estoy cien por ciento seguro que estos años bajo su guía, me han hecho una mejor persona, aunque no fuera tarea fácil.

A mis compañeros de maestría Lilith, Carina, Marcela, Diana y Armando, por su amistad y por el ejemplo de esfuerzo y dedicación hacia sus estudios, fueron una gran motivación para que yo también le imprimiera la misma fuerza a esta maestría.

A mis sinodales Benito, Tania, Cozumel y Ricardo, por haberme acompañado cada uno de ustedes en diferentes etapas de la maestría, dejándome conocimientos, consejos y guía que han impulsado este trabajo de investigación y que al final se ven reflejados en el mismo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme abierto las puertas y acogerme como parte de su comunidad de universitarios, que buscamos cosas mejores para este país.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por brindarme el apoyo económico que hizo posible que yo estudiara este posgrado.

Contenido

ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I	12
1 PROBLEMÁTICA DE MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS EN MÉXICO	12
1.1 MYPES EN MÉXICO, CONTEXTO ACTUAL	12
1.2 CADENA DE SUMINISTRO, PROBLEMÁTICA EN LAS MYPES	17
1.3 INCUBACIÓN DE MYPES EN MÉXICO	19
1.4 ENCUESTAS Y ENTREVISTAS DE CAMPO	23
1.4.1 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DE ENTREVISTAS	23
1.4.2 ESTRUCTURA DE LA ENTREVISTA	24
1.4.3 HALLAZGOS DE LAS ENTREVISTAS DE CAMPO	24
1.5 CASO DE UNA MYPE EN OPERACIÓN VISTA DESDE ADENTRO	25
1.6 PROBLEMA CONCRETO A RESOLVER.....	26
CAPÍTULO II	28
2 MARCO DE REFERENCIA	28
2.1 MARCO TEÓRICO.....	28
2.1.1 OBJETO DE ESTUDIO.....	28
2.1.2 INVESTIGACIONES SOBRE EL OBJETO DE ESTUDIO	28
2.1.3 CONCEPTOS IMPORTANTES PARA LA INVESTIGACIÓN	44
2.2 OBJETIVO GENERAL.....	48
2.3 MÉTODOS Y MODELOS.....	49
2.3.1 METODOLOGÍA DE LA SIMULACIÓN	49
2.3.2 TIPOS DE SIMULACIÓN	50
2.4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	51
2.4.1 PROPUESTA DE SOLUCIÓN	51
2.4.2 ESTRATEGIA DE LA INVESTIGACIÓN	53
CAPITULO III	56
3 DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN.....	56

3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	56
3.2 CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA	57
3.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y DATOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL.....	63
3.4 VALIDACIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL	63
3.5 DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CÓMPUTO	63
CAPITULO IV	69
4 IMPLEMENTACIÓN DE ESTUDIO DE CASO	69
4.1 JUSTIFICACIÓN DEL USO DEL ESTUDIO DE CASO	69
4.2 APRENDIZAJES PREVIOS A LA IMPLEMENTACIÓN.....	70
4.2.1 PROCESO DE INCUBACIÓN INNOVAUNAM	70
4.2.2 APRENDIZAJES DE LOS INTENTOS DE IMPLEMENTACIÓN FALLIDOS	72
4.2.3 PREPARACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN	73
4.2.4 PROCESO DE INTERVENCIÓN PARA EL DISEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....	75
4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN PARA DISEÑO DE CADENAS DE SUMINISTRO.....	77
4.3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	77
4.3.2 CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA	78
4.3.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y GENERACIÓN DE DATOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL	83
4.3.4 VALIDACIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL.....	90
4.3.5 DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CÓMPUTO	90
4.3.6 VERIFICACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN PROGRAMADO	90
4.3.7 VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN PROGRAMADO	91
4.3.8 DISEÑO, EJECUCIÓN Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS	96
4.3.9 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS, RECOMENDACIONES PROPUESTAS	111
4.4 APRENDIZAJE DE LA PUESTA EN MARCHA DE LA CADENA DE SUMINISTRO	112
CONCLUSIONES	114
REFERENCIAS.....	115
APÉNDICE 1: DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA ELABORACIÓN DE LOS MODELOS GENERALES	121
ANEXO 1: ESTRUCTURA DE LA ENTREVISTA DE CAMPO	130

ANEXO 2: CHECKLIST DE PREGUNTAS PARA OBTENCIÓN DE DATOS Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO	136
ANEXO 3: DATOS CUANTITATIVOS PARA LA GENERACIÓN DEL MODELO PROGRAMADO	142
ANEXO 4: FÓRMULAS UTILIZADAS PARA LA CODIFICACIÓN DEL MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS.....	160
ANEXO 5: TABLA DE VERIFICACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN DEL ESTUDIO DE CASO	167

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Nombre	Pág.
Figura 1.1	Industria manufacturera, comercio y servicios. Unidades económicas y personal ocupado total según estrato, 2008 (INEGI, 2011).	14
Figura 1.2	Industrias manufactureras. Características principales por tamaño de los establecimientos (porcentajes), 2008 (INEGI, 2011).	15
Figura 1.3	Industrias manufactureras. Unidades económicas, personal ocupado total y producción bruta total en subsectores seleccionados (porcentajes), 2008 (INEGI, 2011).	16
Figura 1.4	Comparativo del desempeño en la cadena de suministro de MyPEs, por componente de la cadena de suministro (Consultora A.T. Kearney, 2009).	18
Figura 1.5	Etapas en el desarrollo de una MyPE (Entrepreneur, 2014).	19
Figura 1.6	Gráfica de “Valley of Death” (Hagardon, 2010).	22
Figura 1.7	Sistema donde se ubica la problemática (Ordoñez, 2012).	27
Figura 2.1	Acotación de búsqueda de información (creación propia con base en la investigación bibliográfica realizada).	36
Figura 2.2	Gestión de la cadena de suministro y sus componentes (Página web UDLAP, 2014).	47
Figura 2.3	Relación de los componentes de una cadena de suministro, flujo de producto y de información (Antún, 2004).	48
Figura 2.4	Metodología de la simulación (Averill y Kelton, 2000).	49
Figura 2.5	Técnicas de simulación utilizadas para cadenas de suministro (Antuela, 2012).	50
Figura 2.6	Conceptualización de cadena de suministro tradicional, vista durante la incubación (Imagen tomada de un blog de cadena de suministro).	52
Figura 3.1	Notaciones de la conceptualización del sistema (creación propia).	58
Figura 3.2	Conceptualización de cadena de suministro (Creación propia con base en certificación SAP Site Integrated Process Key User).	60
Figura 3.3	Diferentes configuraciones de cadenas de suministro (Creación propia basada en revisión bibliográfica de cadenas de suministro).	61

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

Figura 3.4	Configuración de cadena de suministro a trabajar, principio de parsimonia (Creación propia).	61
Figura 3.5	Modelo conceptual simplificado de cadena de suministro (creación propia con base en certificación SAP Site Integrated Process Key User).	62
Figura 3.6	Ejemplo de diagrama de relaciones causales de DS (Creación propia con base en Aracil, 1995).	64
Figura 3.7	Diagrama de relaciones causales de dinámica de sistemas (creación propia).	65
Figura 3.8	Modelo del programa de cómputo programado (creación propia).	66
Figura 4.1	Proceso de formación de empresas InnovaUNAM (InnovaUNAM Ingeniería, 2015).	70
Figura 4.2	Proceso general de incubación InnovaUNAM (Creación propia).	71
Figura 4.3	Esquema general de la metodología Lean Start Up (Ries, 2011).	73
Figura 4.4	Esquema general de la metodología Design Thinking (Brown, 2009).	73
Figura 4.5	Propuesta de proceso de incubación con la implementación de la herramienta (Creación propia).	74
Figura 4.6	Modelo conceptual de cadena de suministro de minoristas (Creación propia).	79
Figura 4.7	Modelo conceptual de la cadena de suministro de mayoristas (Creación propia).	80
Figura 4.8	Prueba de normalidad a históricos de ventas (creación propia en Minitab®).	86
Figura 4.9	Función de densidad de probabilidad Poisson (gráfica obtenida de EasyFit®).	88
Figura 4.10	Función de densidad de probabilidad Poisson ajustada a la gráfica de histograma de datos históricos (gráfica obtenida de EasyFit®).	88
Figura 4.11	Datos estadísticos representativos para la distribución de probabilidad Poisson (información obtenida de EasyFit®).	89
Figura 4.12	Diagrama causal de Dinámica de Sistemas de la cadena de suministro de minoristas (Creación propia).	92
Figura 4.13	Diagrama causal de Dinámica de Sistemas de la cadena de suministro de mayoristas (Creación propia).	93
Figura 4.14	Representación gráfica del modelo de simulación programado en Vensim®	94

de la cadena de suministro de minoristas (Creación propia).

Figura 4.15	Representación gráfica del modelo de simulación programado en Vensim© de la cadena de suministro de mayoristas (Creación propia).	95
Figura 4.16	Gráfica del comportamiento de la demanda en escenario minorista.	97
Figura 4.17	Gráficas de comportamiento del inventario para el escenario de minoristas.	100
Figura 4.18	Gráfica de comportamiento del capital de trabajo total para escenario minorista.	103
Figura 4.19	Gráfica de comportamiento de las utilidades para escenario minorista.	103
Figura 4.20	Gráfica del comportamiento de la demanda en escenario mayorista.	105
Figura 4.21	Gráficas de comportamiento del inventario para el escenario de mayoristas.	107
Figura 4.22	Gráfica de comportamiento del capital de trabajo total para escenario mayorista.	110
Figura 4.23	Gráfica de comportamiento de las utilidades para escenario mayorista.	110
Figura B1.1	Construcción del modelo conceptual parte 1.	121
Figura B1.2	Construcción del modelo conceptual parte 2.	122
Figura B1.3	Construcción del modelo conceptual parte 3.	123
Figura B1.4	Construcción del diagrama de relaciones causales parte 1.	124
Figura B1.5	Construcción del diagrama de relaciones causales parte 2.	124
Figura B1.6	Construcción del diagrama de relaciones causales parte 3.	125
Figura B1.7	Construcción del modelo de simulación programado parte 1.	126
Figura B1.8	Construcción del modelo de simulación programado parte 2.	127
Figura B1.9	Construcción del modelo de simulación programado parte 3.	128
Figura B1.10	Construcción del modelo de simulación programado parte 4.	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Nombre	Pág.
Tabla 1.1	Clasificación para micro, pequeña y mediana empresa en México (Secretaría de Economía, 2009)	12
Tabla 1.2	Unidades económicas y personal ocupado total del sector privado y paraestatal por actividad económica, 2008 (INEGI, 2011).	14
Tabla 1.3	Industrias manufactureras. Unidades económicas micro. Características principales de las diez ramas más importantes, 2008 (INEGI, 2011).	16
Tabla 1.4	Industrias manufactureras. Unidades económicas pequeñas. Características principales de las diez ramas más importantes, 2008 (INEGI, 2011).	17
Tabla 1.5	Entrevista a incubadoras de empresas de base tecnológica (creación propia).	20
Tabla 1.6	Deficiencias detectadas por componente del plan de negocios (creación propia).	21
Tabla 2.1	Resumen de consulta de tesis UNAM para el marco teórico (creación propia).	29
Tabla 2.2	Resumen de líneas de investigación y conocimiento de interés (Creación propia).	31
Tabla 2.3	Análisis de la consulta de tesis UNAM para el marco teórico (creación propia).	36
Tabla 2.4	Resumen de artículos y libros sobre la línea de investigación (creación propia).	44
Tabla 2.5	Etapas en el desarrollo de una PyME y metodologías utilizadas (Entrepreneur, 2014).	44
Tabla 2.6	Comparación de las técnicas de simulación más utilizadas (Balestrini, 2009).	51
Tabla 2.7	Estructura de la estrategia de investigación fases 3 y 4 (creación propia).	55
Tabla 3.1	Aportaciones de la tesis por componente del plan de negocios (creación propia).	67
Tabla 4.1	Ventas históricas de producto (creación propia).	85
Tabla 4.2	Resultados de la prueba de bondad de ajuste (información obtenida de EasyFit©).	86
Tabla 4.3	Valores de la demanda para el escenario minorista, obtenidos a partir de la distribución de probabilidad Poisson.	97

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

Tabla 4.4	Valores mínimos del inventario para sostener una cadena de suministro estable en el escenario minorista.	98
Tabla 4.5	Valores de las medidas de desempeño para el escenario minorista.	102
Tabla 4.6	Valores de la demanda para el escenario mayorista, obtenidos a partir de la distribución de probabilidad Poisson.	104
Tabla 4.7	Valores mínimos del inventario para sostener una cadena de suministro estable en el escenario mayorista.	106
Tabla 4.8	Valores de las medidas de desempeño para el escenario mayorista.	109
Tabla A1.1	Estructura de la entrevista de campo parte 1.	131
Tabla A1.2	Estructura de la entrevista de campo parte 2.	132
Tabla A1.3	Estructura de la entrevista de campo parte 3.	132
Tabla A1.4	Estructura de la entrevista de campo parte 4.	133
Tabla A1.5	Estructura de la entrevista de campo parte 5.	133
Tabla A1.6	Estructura de la entrevista de campo parte 6.	134
Tabla A1.7	Estructura de la entrevista de campo parte 7.	135
Tabla A2.1	Cuestionario utilizado para la conceptualización del modelo.	141
Tabla A3.1	Datos cuantitativos del modelo para el escenario de minoristas.	156
Tabla A3.2	Datos cuantitativos del modelo para el escenario de mayoristas.	159
Tabla A5.1	Tabla de verificación del modelo programado parte 1.	168
Tabla A5.2	Tabla de verificación del modelo programado parte 2.	170
Tabla A5.3	Tabla de verificación del modelo programado parte 3.	172
Tabla A5.4	Tabla de verificación del modelo programado parte 4.	173
Tabla A5.5	Tabla de verificación del modelo programado parte 5.	175

RESUMEN

Esta tesis está conformada por cuatro secciones, en la primera se presenta la problemática en la que están inmersas las micro y pequeñas empresas, en el contexto económico de México. Para lograr esto se realizó una investigación bibliográfica sobre sus problemas más comunes, sobre los procesos de incubación, sobre algunos conceptos importantes del arranque de una empresa y sobre su problemática en lo que respecta a cadenas de suministro; además se llevaron a cabo entrevistas de campo y se tuvo la oportunidad de observar, de primera mano, los problemas de pequeñas empresas operando. Con lo anterior se delimita el problema específico que tratará esta tesis: la falta de planeación de la cadena de suministro, como parte de los procesos de incubación, que es a final de cuentas la forma en que se realizarán los procesos productivos, una vez que la empresa inicie operaciones.

En la segunda sección, se presenta una investigación muy detallada de las investigaciones existentes que tratan sobre el problema, metodologías propuestas y modelos matemático, que conducen a establecer los objetivos de esta tesis y la estrategia de investigación, para elaborar una herramienta que permita solucionar el problema, que en este caso utiliza la simulación.

En la tercera sección, se detalla la manera en que se construyó una herramienta de simulación, capaz de diseñar cadenas de suministro, llevando a la práctica, paso a paso, la metodología para llevar a cabo la simulación de un proceso, propuesta por Averill y Kelton (2000). En esta sección la herramienta se muestra en un planteamiento generalizado, es decir sin ser aplicada todavía a algún caso, sino como un modelo, a partir del cual se pudieran tratar casos específicos más adelante.

En la cuarta sección, se presenta un estudio de caso, donde se implementa la herramienta de simulación, en una micro empresa de base tecnológica en proceso de incubación. A partir de este estudio de caso, se obtienen aprendizajes relevantes, sobre el contexto requerido para poner en práctica la herramienta, se sugieren algunas alternativas dentro del proceso de incubación y un proceso de intervención específico para diseñar cadenas de suministro, en esta etapa de la empresa.

Por último, se presentan los resultados y sugerencias aplicables a la empresa del estudio de caso, así como los aprendizajes obtenidos de la puesta en marcha real, de la cadena de suministro diseñada en este trabajo. Con todo esto se detallan todos los pasos y descubrimientos a los que se podría llegar, al buscar aplicar la herramienta en otras empresas.

Palabras clave.- emprendimiento; cadena de suministro; incubación de empresas; MyPE; PyME; simulación; investigación de operaciones, México; logística.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el INEGI (2011), en México las micro y pequeñas empresas (MyPEs), representan el 99% de las unidades económicas existentes, a su vez tienen un impacto en la economía del 29.5% del producto interno bruto. Al investigar más a fondo esta información, se identifica que de las dedicadas a la manufactura, solo elaboran el 6.5% de la producción total, teniendo así un gran cantidad de unidades económicas, aportando solo una pequeña parte del valor de la industria. Además de acuerdo con INEGI (2011), solo 2 de cada 10 MyPEs sobreviven los primeros dos años de operación.

Dentro de los problemas más relevantes que causan esta alta mortandad, se ha investigado que cuando una MyPE inicia operaciones, la falta de una adecuada planeación y operación de su cadena de suministro, es un factor relevante que trae como consecuencia altos costos al inicio de operaciones, de los cuáles una empresa no puede reponerse, provocando su alta mortandad.

Uno de los mecanismos de apoyo más relevantes que existen, son los procesos de incubación, dedicados a acompañar y guiar a las empresas que buscan iniciar operaciones. Durante el proceso de incubación se proporcionan al emprendedor, herramientas especializadas que le permitan una adecuada planeación de su empresa, sin embargo dentro de estas herramientas, aun no se cuenta con una dedicada al adecuado diseño y planeación de su cadena de suministro, con lo cual se definan políticas y costos requeridos por la cadena de suministro, para el inicio de operaciones, pudiendo así actuar de manera preventiva.

Al profundizar sobre líneas de investigación ya existentes, que tratan sobre el diseño de cadenas de suministro, se observa que el uso de la simulación, una de las herramientas de la investigación de operaciones, es una de las más utilizadas y efectivas. Es por ello que se decidió retomarla para este trabajo.

Dicho lo anterior, se establece que el propósito de este trabajo es desarrollar una herramienta para MyPEs de base tecnológica, manufactureras de la Ciudad de México, que ayude a obtener información cuantitativa y cualitativa relevante, generar escenarios para facilitar la toma de decisiones y diseñar adecuadamente su cadena de suministro, como parte del proceso de incubación, siendo además la base de cómo estructurarían sus operaciones a ejecutar durante la puesta en marcha, tomando como base la perspectiva de la ingeniería de sistemas y más específicamente utilizando la simulación, una de las metodologías más utilizadas de la investigación de operaciones, para solucionar este tipo de problemáticas.

CAPÍTULO I

1 PROBLEMÁTICA DE MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS EN MÉXICO

1.1 MYPES EN MÉXICO, CONTEXTO ACTUAL

En México, se utiliza el término MiPyME como siglas para denominar a micro, pequeñas y medianas empresas. Determinar una empresa pequeña o mediana, varía dependiendo del país donde se trate el tema. En 2009, la secretaría de Economía (SE) y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) actualizaron la clasificación para micro, pequeñas y medianas empresas, con el fin de ampliar el acceso a programas de apoyo; esta modificación se publicó el 30 de junio de 2009 en el Diario Oficial de la Federación (DOF) y establece que el tamaño de la empresa se determinará a partir del número de trabajadores multiplicado por 10%, más el monto de ventas anuales por 90%. Esta última cifra es un índice y debe ser igual o menor al tope máximo combinado, que va desde 4.6 en el caso de las micro, hasta 250 para las medianas (CNN Expansión, 2009). Esta clasificación es con la que se trabaja actualmente y se muestra en la tabla 1.1.

Estratificación				
Tamaño	Sector	Rango de número de trabajadores	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*
Micro	Todas	Hasta 10	Hasta \$4	4.6
Pequeña	Comercio	Desde 11 hasta 30	Desde \$4.01 hasta 100	93
	Industria y servicios	Desde 11 hasta 50	Desde \$4.01 hasta 100	95
Mediana	Comercio	Desde 31 hasta 100	Desde \$100.01 hasta \$250	235
	Servicios	Desde 51 hasta 100		
	Industria	Desde 51 hasta 250	Desde \$100.01 hasta 250	250
Tope máximo combinado = (Trabajadores) 10% + (Ventas anuales) * 90%				

Tabla 1.1. Clasificación para micro, pequeña y mediana empresa en México (Secretaría de Economía, 2009).

Como se puede observar en la tabla 1.1, las principales características para denominar el tipo de empresa a la que nos referimos es la cantidad de trabajadores y sus ventas anuales. Esta tesis se enfocará a las micro y pequeñas empresas, también denominadas MyPEs, debido a que son las que menos flujo de recursos tienen para poder crecer, por lo que requieren de mecanismos que les ayuden a ser eficientes en su operación, además, con pequeños cambios se puede generar un gran impacto, al ser organizaciones más ligeras, con menos personas y más ágiles, ya que la toma

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

de decisiones se da rápidamente, sin necesidad de hacer grandes juntas con mesas directivas y procesos de aprobación largos.

De acuerdo con Kauffman (2001) y Rodríguez (2000), las MyPEs enfrentan esencialmente los siguientes problemas:

- falta de organización y dirección;
- falta de tecnología para afrontar nuevos retos;
- carecen de cultura de calidad;
- rotación de personal;
- constante aumento en precios de materias primas;
- mala calidad de los materiales;
- pocos apoyos gubernamentales;
- incapacidad crediticia.
- poca o ninguna especialización en administración;
- poco conocimiento de parte del dueño a posibles fuentes de financiamiento;
- total dependencia de la comunidad y su entorno.

Es importante también, hablar del contexto social y económico que viven las MyPEs de México actualmente. Este se encuentra documentado gracias al INEGI en su censo económico realizado en 2009 y publicado en 2011, esta es la referencia que se utilizará para analizar diferentes aspectos de la situación actual, tomando como último año de estudio la situación de México en 2008.

A continuación, se muestran las actividades económicas con mayor impacto en la economía mexicana:

Como se puede observar en la tabla 1.2, los servicios, el comercio y la manufactura son las actividades con mayor impacto en la economía. La Figura 1.1 muestra como estas tres actividades económicas se desglosan dependiendo del tamaño de las empresas (micro, pequeña, mediana, grande), además de definir el impacto en porcentaje de unidades económicas y porcentaje de personal ocupado total en cada una de ellas.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

Actividad económica	Unidades económicas		Personal ocupado total	
	Absoluto	%	Absoluto	%
Total nacional**	3 724 019	100.0	20 116 834	100.0
Servicios	1 367 287	36.7	7 340 216	36.5
Comercio	1 858 550	49.9	6 134 758	30.5
Manufacturas	436 851	11.7	4 661 062	23.2
Transportes, correos y almacenamiento	17 705	0.5	718 062	3.6
Construcción	18 637	0.5	704 640	3.5
Electricidad, agua y gas	2 589	0.1	235 688	1.2
Pesca y acuicultura	19 443	0.5	180 083	0.9
Minería	2 957	0.1	142 325	0.7

Fuente: INEGI. Censos Económicos 2009.

* El personal ocupado total comprende tanto al personal ocupado dependiente de la razón social como al no dependiente de la misma.

**Los totales nacionales excluyen: sector agropecuario, gobierno, asociaciones religiosas y organizaciones extraterritoriales.

Notas: Las actividades económicas se ordenaron de acuerdo con la cantidad de personal ocupado total.

En este cuadro y en lo sucesivo, la suma de los porcentajes puede no sumar cien por ciento debido al factor de redondeo.

Tabla 1.2. Unidades económicas y personal ocupado total del sector privado y paraestatal por actividad económica, 2008 (INEGI, 2011).

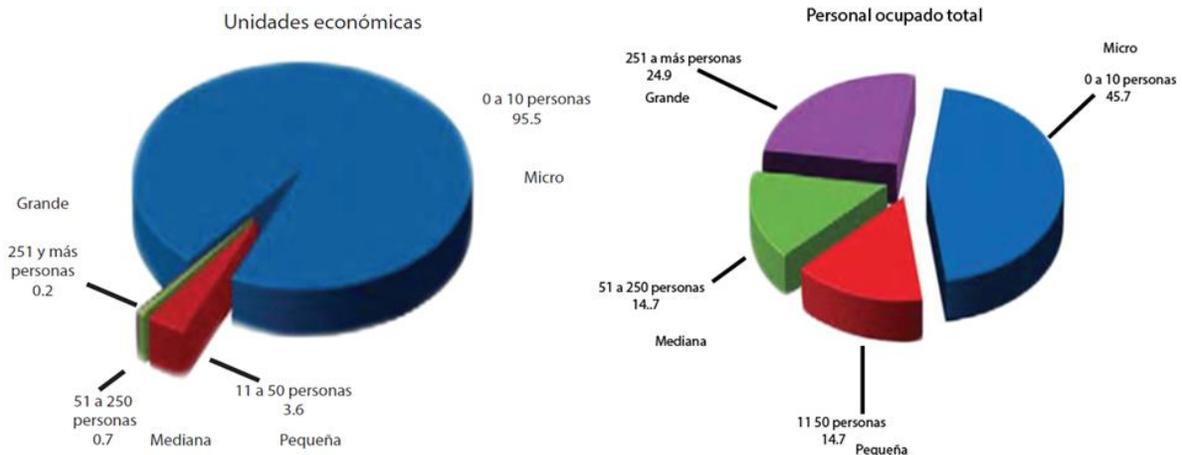


Figura 1.1. Industria manufacturera, comercio y servicios. Unidades económicas y personal ocupado total según estrato, 2008 (INEGI, 2011).

Como se puede observar, las micro empresas tienen el 95.5% de unidades económicas y el 45% de ocupación de empleos, sin embargo es contrastante ver cómo las grandes empresas con solo el 0.2% de unidades económicas emplean al 24.9% de las personas en estas actividades económicas. Esto indica sin duda alguna, la baja productividad de las unidades económicas micro para generar valor en lo general. A partir de aquí, nos enfocaremos al área de manufactura la cual pretendemos investigar durante la tesis. Hablando del área de manufactura, la Figura 1.2 muestra su descomposición en los diferentes tipos de empresas por su tamaño.

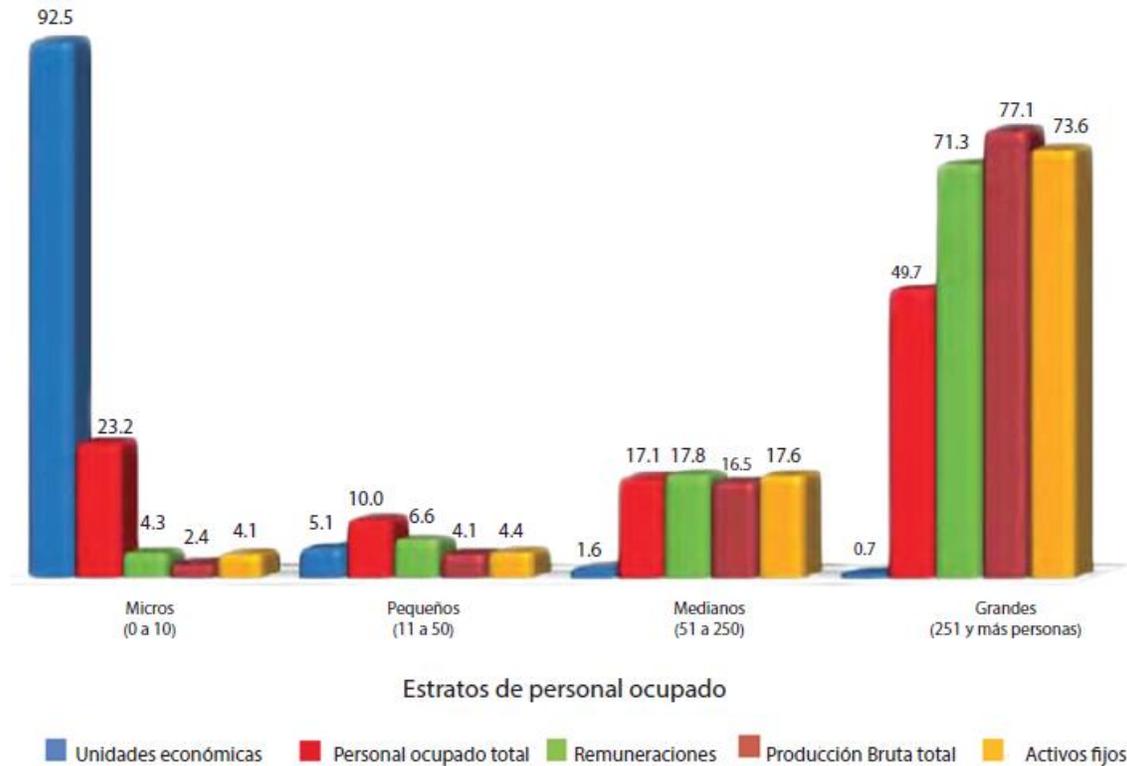


Figura 1.2. Industrias manufactureras. Características principales por tamaño de los establecimientos (porcentajes), 2008 (INEGI, 2011).

La Figura 1.2 muestra información relevante acerca del contraste de las micro y pequeñas empresas comparadas con las grandes, se observa que aunque ocupan el mayor porcentaje de unidades, generan la menor cantidad de producción bruta, lo cual indica el valor que agregan a la economía, por ende la remuneración también es baja. En comparación, las grandes empresas con solo el 0.7% de unidades económicas generan el 77.1% del valor a la economía (producción bruta total). Se habla de que entre las micro y pequeñas empresas comprenden el 97.6% de unidades económicas en la economía de manufactura, generando el 6.5% de la producción y el 10.9% de la remuneración total de este sector económico. Esto denota el poco valor que le están ofreciendo al sector manufacturero como un todo, y que las grandes empresas, aunque pocas, son las que sostienen el sector manufacturero. Esto lleva a preguntarnos ¿Qué hacen las grandes empresas que las micro y pequeñas no, para agregar más valor al sector manufacturero?

Continuando con el tema de las MyPEs en manufactura, en la Figura 1.3 se muestran las unidades económicas más importantes del sector manufacturero y su impacto en el mismo.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

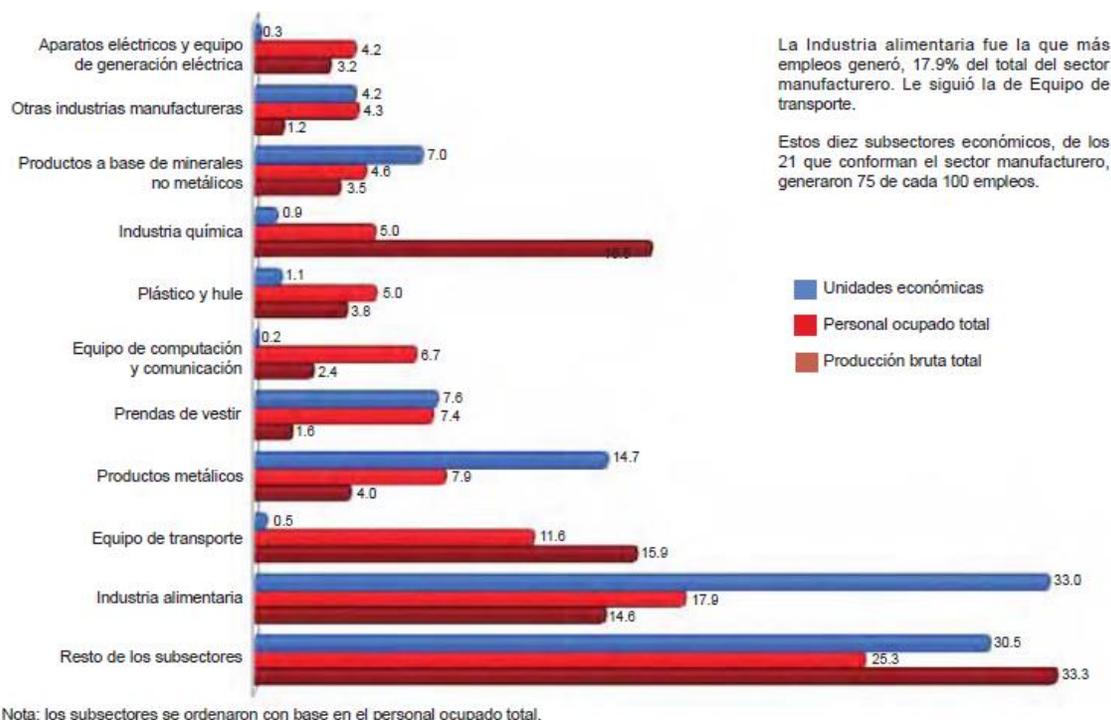


Figura 1.3. Industrias manufactureras. Unidades económicas, personal ocupado total y producción bruta total en subsectores seleccionados (porcentajes), 2008 (INEGI, 2011).

En las tablas 1.3 y 1.4 se muestra esta misma información pero para las micro y pequeñas empresas.

Rama	Unidades económicas		Personal ocupado total		Remuneraciones		Producción bruta total		Total de activos fijos	
	Absoluto	%	Absoluto	%	Millones de pesos	%	Millones de pesos	%	Millones de pesos	%
Total	404 156	100.0	1 080 713	100.0	15 797	100.0	114 644	100.0	64 912	100.0
Panaderías y tortillas	117 568	29.1	329 765	30.5	4 367	27.6	37 669	32.9	21 037	32.4
Estructuras metálicas y herrería	49 469	12.2	109 279	10.1	1 542	9.8	9 260	8.1	5 636	8.7
Confección de prendas de vestir	26 599	6.6	62 308	5.8	594	3.8	5 394	4.7	1 730	2.7
Muebles, excepto de oficina y estantería	24 102	6.0	61 249	5.7	941	6.0	5 263	4.6	2 919	4.5
Impresión e industrias conexas	16 867	4.2	54 111	5.0	1 227	7.8	6 716	5.9	4 564	7.0
Productos a base de arcillas y refractarios	18 768	4.6	53 550	5.0	318	2.0	2 210	1.9	1 070	1.6
Fabricación de otros productos de madera	21 040	5.2	49 925	4.6	602	3.8	3 671	3.2	1 849	2.8
Otros productos textiles	25 454	6.3	43 993	4.1	183	1.2	1 355	1.2	966	1.5
Industria de las bebidas	12 678	3.1	41 233	3.8	690	4.4	4 369	3.8	4 155	6.4
Otras industrias manufactureras	15 240	3.8	35 982	3.3	364	2.3	2 392	2.1	982	1.5
Subtotal	327 785	81.1	841 395	77.9	10 829	68.6	78 298	68.3	44 907	69.2
Resto	76 371	18.9	239 318	22.1	4 967	31.4	36 346	31.7	20 005	30.8

Nota: las ramas se seleccionaron y ordenaron con base en el personal ocupado total.

Tabla 1.3. Industrias manufactureras. Unidades económicas micro. Características principales de las diez ramas más importantes, 2008 (INEGI, 2011).

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

Al observar esta información, se puede concluir que la diferencia entre la producción bruta total de las micro y pequeñas empresas en contraste con las grandes, se debe a que las grandes se ubican en ramos que generan mayor tecnología, mientras que las primeras permanecen aún en ramos tradicionales de baja especialización y tecnología.

Rama	Unidades económicas		Personal ocupado total		Remuneraciones		Producción bruta total		Total de activos fijos	
	Absoluto	%	Absoluto	%	Millones de pesos	%	Millones de pesos	%	Millones de pesos	%
Total	22 349	100.0	467 197	100.0	24 201	100.0	198 785	100.0	69 840	100.0
Confección de prendas de vestir	2 069	9.3	44 603	9.5	1 582	6.5	10 216	5.1	1 864	2.7
Panaderías y tortillas	2 246	10.0	39 902	8.5	1 434	5.9	8 219	4.1	3 790	5.4
Impresión e industrias conexas	1 361	6.1	26 762	5.7	1 349	5.6	7 436	3.7	3 818	5.5
Fabricación de calzado	1 200	5.4	25 855	5.5	975	4.0	4 832	2.4	1 618	2.3
Productos de plástico	1 107	5.0	25 542	5.5	1 469	6.1	12 915	6.5	5 162	7.4
Muebles, excepto de oficina y estantería	1 184	5.3	23 407	5.0	1 153	4.8	5 581	2.8	1 716	2.5
Estructuras metálicas y herrería	1 014	4.5	19 273	4.1	1 028	4.2	5 609	2.8	1 766	2.5
Industria de las bebidas	873	3.9	17 144	3.7	713	2.9	5 089	2.6	4 205	6.0
Maquinado de piezas metálicas	878	3.9	16 956	3.6	1 038	4.3	4 660	2.3	2 181	3.1
Otras industrias manufactureras	718	3.2	14 935	3.2	765	3.2	3 881	2.0	1 262	1.8
Subtotal	12 650	56.6	254 379	54.4	11 506	47.5	68 437	34.4	27 382	39.2
Resto ramas	9 699	43.4	212 818	45.6	12 695	52.5	130 347	65.6	42 458	60.8

Nota: las ramas se seleccionaron y ordenaron con base en el personal ocupado total.

Tabla 1.4. Industrias manufactureras. Unidades económicas pequeñas. Características principales de las diez ramas más importantes, 2008 (INEGI, 2011).

En el marco teórico se tratará a fondo el tema de empresas de base tecnológica (EBT's), por el momento nos interesa saber que son empresas cuyo valor agregado es la innovación y manufactura de tecnología, siendo sus cadenas de suministro uno de los retos de mejora más importantes actualmente.

1.2 CADENA DE SUMINISTRO, PROBLEMÁTICA EN LAS MYPES

De acuerdo con la consultora A.T. Kearney (2009), el principal problema que enfrentan las MYPES en México es el pobre desempeño de sus cadenas de suministro, comparadas contra grandes empresas en México u otras empresas extranjeras.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

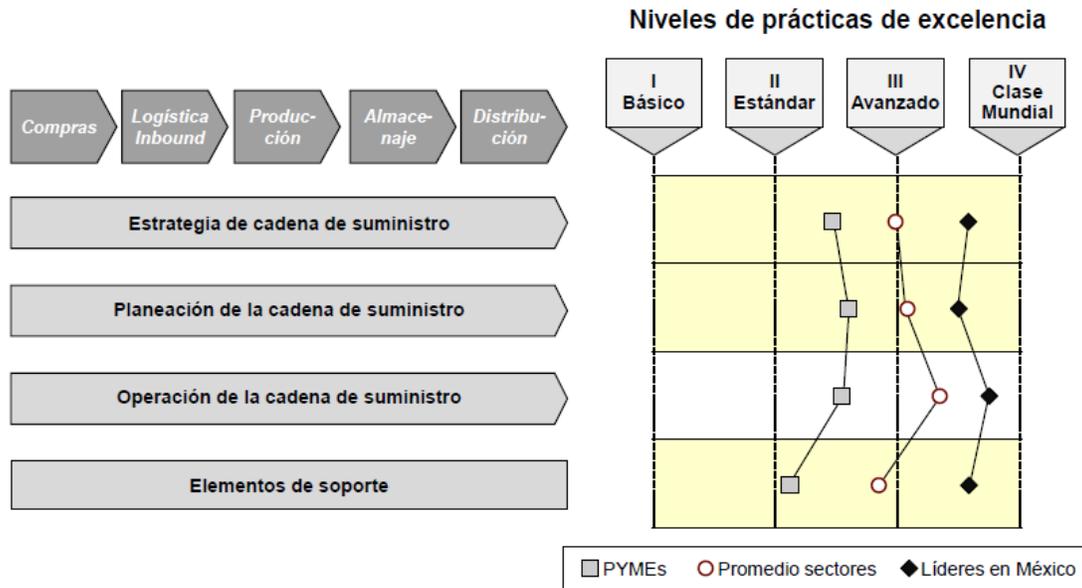


Figura. 1.4. Comparativo del desempeño en la cadena de suministro de MyPEs, por componente de la cadena de suministro (Consultora A.T. Kearney, 2009).

En la Figura 1.4 se puede observar el rezago que viven las MyPEs en cuanto al desempeño de su cadena de suministro, siendo uno de los componentes clave la planeación de su cadena de suministro. Al trasladar este fenómeno a empresas manufactureras de base tecnológica, el problema crece, ya que los componentes y operaciones que utilizan son más costosos, por lo que cualquier ineficiencia en su cadena de suministro se traduce en gastos más elevados.

De acuerdo con la consultora A.T. Kearney (2009) entre los principales problemas que presentan las micro, pequeñas y medianas empresas en México, relacionadas directamente con su cadena de suministro se encuentran:

- la falta de sofisticación en el desarrollo de pronósticos, requiriendo llevar el proceso a nivel SKU¹, con una mayor frecuencia y un mayor uso de variables para su cálculo;
- fortalecer el desarrollo y ejecución de políticas de planeación de inventarios;
- formalizar un proceso de S&OP² que integre a distintas áreas de la cadena y donde existan responsabilidades claras entre los participantes;
- llevar a cabo una mejor programación y despacho de pedidos alineado a requerimientos de clientes;
- introducir el uso de tableros de control con métricas para la evaluación del desempeño de la cadena de suministro.

¹ SKU (*Stock Keeping Unit*) (Kearney, 2009): Es el número de referencia o identificador usado en el comercio con el objeto de permitir el seguimiento sistémico de los productos y servicios ofrecidos a los clientes. Cada objeto individual tiene un SKU específico.

² S&OP (*Sales and Operations Planning*) (Kearney, 2009): Es un proceso administrativo mediante el cual los gerentes y directivos alinean y sincronizan políticas para el manejo de la cadena de suministro.

Una vez analizada una de las problemáticas de las MyPEs, que es la falta de una adecuada planeación y administración de sus cadenas de suministro, surge la pregunta de ¿en qué etapa de la creación de una empresa debe planearse su cadena de suministro y sus operaciones? Haciendo una investigación detallada sobre las fases en la madurez de una empresa, es posible percatarse de que existen procesos de apoyo y guía durante la planeación de una empresa, llamados procesos de incubación de empresas, es justamente este tema el que se tratará a continuación.

1.3 INCUBACIÓN DE MYPES EN MÉXICO

Además de su clasificación por el tamaño de organización, otro factor importante a considerar en una MyPE es la etapa en qué se encuentra en su vida productiva. En la Figura 1.5 se muestran estas etapas y en qué momento se desarrollan.

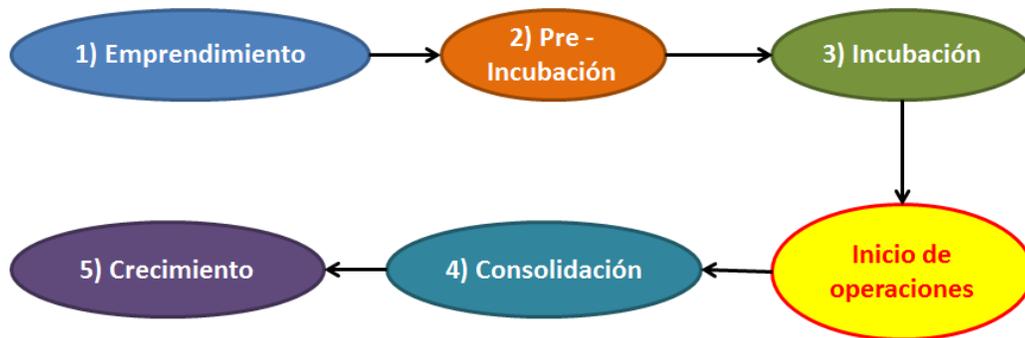


Figura 1.5. Etapas en el desarrollo de una MyPE (Elaboración propia, con base en Entrepreneur, 2014).

En la sección del marco teórico profundizaremos más acerca de cada una, en este momento es importante saber que la vida de la MyPE inicia aun antes de iniciar operaciones, durante su periodo de incubación y considera 3 etapas, en las cuales se pretende que se planee lo mejor posible el negocio, para que al momento de iniciar operaciones sea lo más exitoso posible. Es en estas etapas tempranas, donde adquieren importancia las incubadoras como instituciones que llevan de la mano a las micro y pequeñas empresas, proporcionándoles herramientas que les permitan tener procesos profesionales y operación sostenible al iniciar operaciones, así como garantizar su sobrevivencia durante las etapas de consolidación y crecimiento. Es de suma importancia hacer notar que de todo el universo de MyPEs existentes en México, solo un porcentaje (no documentado), utiliza el servicio de incubación, el cual se define como la planeación de cómo operará la empresa, asistida por un tercero, en este caso las incubadoras junto con sus consultores. Este estudio se centrará en aquellas MyPEs que utilizan el proceso de incubación, donde se posee mayor información y por medio de él, se pueden utilizar procesos formales de planeación, como el sugerido en la presente investigación.

Para entender qué es lo que pasa en las incubadoras actualmente, se realizaron entrevistas con algunas de ellas que tienen proyectos de base tecnológica en el distrito federal, para hacerles la pregunta de cuántos de sus proyectos incubados inician operaciones con una cadena de suministro ya diseñada, analizada y planeada, las respuestas fueron las siguientes:

Incubadora	Representante	Empresas con Cadena de suministro
Innova UNAM	Mtra. Tania García	Cero
Coordinación de innovación y desarrollo UNAM	Mtra. Paola Dorado	Cero
Incubadora Acatlán	Act. Claudia Sierra	Cero
Centro de incubación de empresas de base tecnológica del IPN	Ing. José Alberto González	Cero

Tabla 1.5. Entrevista a incubadoras de empresas de base tecnológica (creación propia).

Investigando más sobre el tema y profundizando en el proceso que siguen las incubadoras, el entregable final de ésta es un plan de negocios, que para poder efectuarse tiene como cimientos un modelo de negocios, realizado con la metodología “*Business Model Canvas*” propuesta por Osterwalder (2010), para después profundizar en cada uno de sus elementos y convertirlos en parte del plan de negocios. De acuerdo con Baca (2010), las etapas básicas que debe cumplir un plan de negocios son: estudio de mercado, estudio técnico y estudio financiero. Se pretende que al trabajar sobre estos estudios, la MyPE tenga mayores posibilidades de éxito, durante su etapa de consolidación, sin embargo al hacer un análisis detallado de lo que se trabaja en cada uno de ellos y después de la investigación en campo que se hizo con MyPEs que ya se han incubado y que se detallará más adelante en este capítulo, se han sumariado las deficiencias detectadas por cada estudio en la tabla 1.6.

Componente del plan de negocios	¿Cómo lo hacen las MyPEs actualmente?	¿Cuáles son las deficiencias analizadas?
Estudio de Mercado	<ul style="list-style-type: none"> * Definición del mercado. * Análisis de la demanda del mercado para los siguientes años. * Tiene como finalidad proveer al estudio financiero con los datos de las ventas anuales estimadas para los siguientes años. 	La demanda estimada es teórica, no con base en históricos, solo con suposiciones estimadas que no tienen un mecanismo de validación definido, adquiere valores anuales fijos, con incrementos propuestos ya sean fijos o variables.

<p>Estudio Técnico</p>	<p>* Estructura el proceso productivo de la empresa por actividades. * Define los costos de operación y las necesidades de inversión en: maquinaria, terreno, inmobiliario, costos de operación. * Tiene como finalidad proveer al estudio financiero con los datos de costos de operación y necesidades de inversión inicial.</p>	<p>El análisis se enfoca en el proceso de producción, sin observar el "todo" como es la operación de los proveedores, tiempos de entrega, manejo de inventarios, flujo de información. Además los costos operativos estimados son una fotografía, fijos, sin considerar que estos serán fluctuantes a lo largo del tiempo dependiendo de la demanda. No da una dirección clara sobre cómo operar durante los primeros meses de la empresa.</p>
<p>Estudio financiero</p>	<p>* Se ejecutan las corridas financieras para observar el comportamiento económico de la empresa en los siguientes años. * Se obtiene la tasa de retorno de inversión del negocio para concluir si es o no rentable.</p>	<p>Son poco confiables, ya que existen demasiadas suposiciones que alimentan este proceso. Las corridas financieras van por años, sin embargo no se tiene claro cómo será el movimiento financiero durante el valle de la muerte, esto no permite visualizar a los emprendedores cómo se comportará su empresa financieramente durante este periodo, lo que no les permite tomar decisiones acertadas de inversión o financiamientos.</p>

Tabla 1.6. Deficiencias detectadas por componente del plan de negocios (creación propia).

Aunque en la tabla 1.6 se definen los objetivos actuales por componente y sus deficiencias analizadas, hay otras deficiencias que son generales y que tienen que ver con el resultado final del plan de negocios, se mencionan a continuación:

- no se enfocan en el periodo del valle de la muerte, suponen que la empresa operará por años y no establecen cómo lo hará en el corto plazo e inmediato a la apertura.
- sería muy complicado y costoso observar escenarios, si se tienen diferentes modelos de negocio, de los cuales se deba tomar una decisión para seguir adelante a la puesta en marcha, ya que involucraría pagar de nuevo por consultoría en el estudio que requiera un cambio, además de que el planteamiento haría que cambiasen muchas cosas ya estudiadas y analizadas.

Estas dos observaciones, provocan que la elaboración del plan de negocios sea muy poco flexible, en una etapa de madurez donde la empresa se está moldeando y requiere de cambios constantes, el plan de negocios no se adapta. Además, se encuentra el hecho de que los estudios no tienen una visión sistémica de la empresa, es decir si algún elemento cambia en alguno de ellos, no tiene una liga directa relacional con los otros elementos que deben cambiar como consecuencia, por lo

que las relaciones emergentes de las futuras operaciones de la empresa no están establecidas adecuadamente. También ésta el hecho de que cada estudio es elaborado por un consultor diferente y especializado en su área, por lo que las diferencias en perspectivas, sugerencias y opiniones que haya entre ellos, provoca que se tenga poca capacidad de ver al plan de negocios de manera sistémica. El hecho de que el plan de negocios no pueda ser visto de manera sistémica, provoca que se tengan tres componentes muy bien elaborados, pero que al momento de no poderse relacionar completamente entre sí, sin poder flexibilizarse y hacer cambios de manera ágil, resta utilidad por si solo para las empresas al momento en que inician operaciones, donde tienen muchos factores inciertos y cambios que van moldeándola. Es por esto que además de la elaboración del plan de negocios, se requieren actividades que permitan integrar sus diferentes componentes, además de darle flexibilidad y agilidad.

Bajo el argumento anteriormente expuesto, se tienen MyPEs que al finalizar su incubación, inician operaciones sin tener sus procesos completamente definidos, lo cual al mediano plazo resulta en costos que terminan por desvanecer cualquier potencial de utilidad.

Un punto importante de mencionar, es el hecho de que en México las estadísticas e indicadores de desempeño para las incubadoras, se basan en el número de MyPEs que han concluido su proceso de incubación y denominadas como casos de éxito, sin embargo, ser un caso de incubación exitosa no garantiza en lo más mínimo el ser una empresa exitosa, como lo menciona Hargadon (2010) en su concepto denominado “*Valley of Death*” o valle de la muerte, que busca hablar de ese lapso de tiempo que tiene toda MyPE EBT, y que va desde que termina su incubación hasta que inicia su ganancia de utilidades.

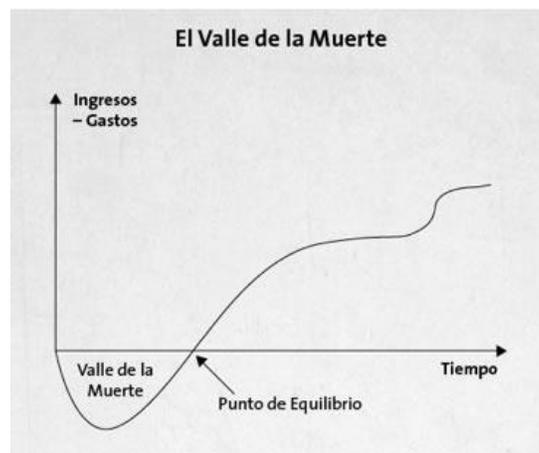


Figura. 1.6. Gráfica de “Valley of Death” (Hagardon, 2010).

En la Figura 1.6 se puede observar con más detalle este concepto, ilustra adecuadamente cómo se comporta el flujo de efectivo de una empresa recién formada a lo largo de sus primeras etapas. Se puede observar un crecimiento en el flujo de efectivo, antes del inicio de operaciones de la empresa, proveniente de potenciales financiamientos o inversiones a los que puede acceder toda EBT, que tienen como base principalmente su innovación y potencial alto impacto. Una vez que la

empresa inicia operaciones, puede observarse como el flujo de efectivo inicia su caída a través del tiempo, hasta llegar a números negativos durante un periodo, para reponerse después de pasado algún tiempo y aumentar su flujo de efectivo a números positivos. Es este tiempo donde el flujo de efectivo es negativo al que Hagardon se refiere como el “valle de la muerte” y que debe ser adecuadamente planeado y prevenido, para evitar la muerte de una MyPE que inicia operaciones.

Al buscar más información sobre lo que sucede con MyPEs que han finalizado su proceso de incubación e inician operaciones, no se pudieron encontrar fuentes bibliográficas que plantearan los problemas específicos de estas empresas en esa etapa de madurez, donde han terminado un proceso de incubación e inician operaciones. La mayoría de los problemas documentados se refieren a cuando la empresa ya está bastante entrada en la fase de consolidación y no a sus inicios. Es por esto y con el objetivo de obtener información de esta etapa temprana de inicio de operaciones, que se decidió elaborar entrevistas de campo a MyPEs que ya están en la fase de consolidación y han pasado por un proceso de incubación, buscando conocer lo que vivieron en la etapa temprana de inicio de operaciones. Para complementar esta información también se tuvo la posibilidad de observar una MyPE de primera mano y desde adentro, que tuvo un proceso de incubación y que ya está operando, viviendo su operación durante dos meses, visualizando y analizando los problemas a los que se enfrenta todos los días, en esa etapa de madurez. Para poder ejecutar ambas actividades, se realizó una vinculación con la incubadora de la facultad de ingeniería, quién facilitó el acercamiento con estas MyPEs, la información obtenida de esta investigación de campo, se muestra en las siguientes secciones.

1.4 ENCUESTAS Y ENTREVISTAS DE CAMPO

Anteriormente, se explicó a detalle la necesidad de hacer entrevistas de campo, que apoyarán a clarificar el entendimiento bajo el que se desenvuelven las MyPEs que ya han terminado un proceso de incubación. La pregunta central que se busca contestar al ejecutar las entrevistas de campo es: ¿Cuáles son los problemas, en cuanto a cadena de suministro, que pudieran haberse evitado, si se hubiese planeado mejor durante el proceso de incubación?

1.4.1 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DE ENTREVISTAS

Se buscó realizar las entrevistas, de manera personal o por teléfono a cada una de las empresas que aceptaron proporcionar información. El objetivo fue desarrollar un compilado con información de lo que viven en la realidad de la incubación y de inicios de operación. La entrevista no fue totalmente cerrada, ya que si durante la entrevista surgió mayor información de interés hacia la necesidad de planear las cadenas de suministro durante la incubación, esta información fue considerada.

Las empresas a las que se les aplicó la encuesta son una muestra de oportunidad, las cuales permitieron conocer su experiencia en el proceso de incubación y de inicio de operaciones.

Se realizaron estas entrevistas bajo un enfoque cualitativo, buscando conocer la realidad a fondo del entrevistado, su experiencia particular, el contexto en el que vivió esa experiencia, sus puntos

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

de vista y recomendaciones de acuerdo con lo que percibió, de forma cualitativa. Para esto se tomó como base a Sampieri (2014).

1.4.2 ESTRUCTURA DE LA ENTREVISTA

El esqueleto completo de la entrevista, se encuentra en el anexo 1 de esta tesis. Durante la elaboración del cuestionario, y con el objetivo de obtener información cualitativa de mayor calidad, se buscó cubrir los siguientes aspectos:

- información general de la empresa;
- conocimientos actuales sobre su cadena de suministro;
- elementos de la cadena de suministro relevantes actualmente y durante el proceso de incubación;
- opinión del entrevistado sobre la importancia y prioridad entre los elementos de la cadena de suministro, al iniciar operaciones y a considerar durante el proceso de incubación;
- experiencias en errores o costos de operación, a consecuencia de una inadecuada planeación de la cadena de suministro;
- sugerencias del entrevistado, que pueden traducirse en alternativas de mejora al proceso de incubación.

1.4.3 HALLAZGOS DE LAS ENTREVISTAS DE CAMPO

La entrevista tuvo una muestra oportuna de 7 MyPE's de base tecnológica, manufactureras de artículos no perecederos, ubicadas en la Ciudad de México y que habían finalizado un proceso de incubación en el sistema InnovaUNAM, a las que se les envió la solicitud para entrevista, de ellas 6 abrieron las puertas a esta investigación, es decir fueron las empresas que estuvieron en disponibilidad de proporcionar información. A manera de resumen se mencionarán a continuación los hallazgos más importantes hechos gracias a estas entrevistas:

- ninguna de las 6 empresas que participaron, dedicó tiempo a planear, de manera específica, su cadena de suministro durante su incubación;
- las 6 empresas definieron los elementos requeridos de su cadena, conforme fue necesario hacerlo al inicio de operaciones, derivando esto en: la producción de inventarios que no eran requeridos, pérdidas en oportunidades de venta por falta de capacidad, localización inadecuada de almacenes y plantas productivas;
- de las 6 empresas entrevistadas, 4 definieron como prioridad 1, haber tenido herramientas de simulación para tomar mejores decisiones, las 2 restantes definieron como prioridad 1, contar con un asesor con experiencia en el ramo particular al que se dedica la empresa.

Gracias a estas entrevistas, se ha podido corroborar lo que se ha planteado como problemática en este capítulo, sobre la importancia y utilidad que tendría una herramienta, que mediante la

obtención de información cuantitativa, pudiera apoyar a la mejor toma de decisiones conscientes y planeadas en la cadena de suministro durante la incubación.

1.5 CASO DE UNA MYPE EN OPERACIÓN VISTA DESDE ADENTRO

Otro frente que ha cubierto esta investigación, es la observación directa de lo que sucede en una MyPE EBT, que fue incubada y que ahora está en operación. Para esto, InnovaUNAM facilitó la vinculación con una de sus empresas incubadas, en la cual se pudo hacer la observación diaria de operaciones y elementos de la cadena de suministro, durante 2 meses. Por motivos de confidencialidad no se revelará el nombre ni el giro de la empresa, sin embargo, si se detallará lo observado de primera mano en la cadena de suministro de la misma.

Esta es una pequeña empresa que tiene una estructura de cadena de suministro como modelo simple, que se muestra en la figura 3.4 del capítulo 3. Funciona con inventarios de materia prima, sin embargo no consideran inventarios de producto terminado, cuando una orden de venta es levantada, se levanta también su orden de producción, acordando con el cliente la entrega en los siguientes días. A continuación, se muestra lo observado en cada uno de los elementos de la cadena de suministro:

- **Clientes.** La empresa tiene un listado detallado de sus clientes frecuentes, a los cuales les ha asignado una prioridad de importancia. Cuando un cliente considerado como prioritario levanta una orden, esta entra a producción inmediatamente, desplazando órdenes de otros clientes que no son prioritarios. Esto trae como consecuencia que a los clientes prioritarios se les puede garantizar un tiempo de entrega corto y buen nivel de servicio, mientras que a los clientes no prioritarios por lo regular se les entrega el producto con demoras de entre 10 y 20 días, dándoles un muy mal nivel de servicio. Los dueños llevan una base de datos de todas las ventas que han realizado, sin embargo no utilizan esta información para poder calcular demandas, tendencias, estacionalidad.
- **Planeación de la producción.** La empresa no tiene determinada claramente la capacidad de producción por versión de producción, es decir, el tiempo que se tarda en producir una orden, no está siendo controlado ni medido. Tampoco utiliza algún sistema que les ayude a traducir las órdenes de venta en requerimientos de producción, lo cual da la percepción de que las órdenes de venta han rebasado la capacidad que tiene la planta, sin embargo, sin haberse hecho un análisis a fondo, los dueños del negocio están pensando en invertir en un aumento de su capacidad de producción.
- **Inventarios.** Como se mencionó anteriormente solo se cuenta con inventario de materia prima, el inventario de producto terminado solo se produce bajo una orden de venta ya levantada. El problema con el inventario, es que no se tiene un sistema donde la empresa registre lo que tiene y dónde lo tiene, ya que nunca se planeó el uso de almacenes, por lo tanto, el inventario se coloca donde hay espacio y no se tiene una certeza de qué hay o no hay, lo que provoca que en ocasiones al entrar a producir algún producto, de repente no hay la materia prima, ocasionando retrasos, paros en la producción, mientras que se consigue el material. Además, los dueños no tienen claro cuánto es lo que tienen invertido

en capital de trabajo de inventarios, es decir dinero gastado en materiales y que no se mueve, mucho menos poseen la visibilidad de material obsoleto, caduco o de lento movimiento.

- Materia prima, SKU, BOM's (*Bill of materials*³). La empresa tiene bien definidos los SKU y diferenciación de sus productos terminados, sin embargo no es igual para la materia prima, solo está definida por algún nombre, lo que lleva a confusiones por no tener un número de SKU que la identifique. Además, los productos terminados no cuentan con una definición de BOM, es decir los materiales que componen a cada producto. Esto ha provocado, que no se pueda hacer un sistema que traduzca de manera exacta los requerimientos de productos terminados a requerimientos de materia prima.
- Distribución. La distribución se da mediante un empleado, definido para hacer las entregas el mismo día en que los productos salen de la línea de producción. La distribución toma unas horas. Sin embargo, no se cuenta con un procedimiento para recoger, registrar y arreglar productos que tuvieron mala calidad, o quejas del cliente (logística inversa).

Todos estos elementos fueron considerados a la hora de desarrollar el modelo general de simulación, del cual se hablará en el capítulo 3.

1.6 PROBLEMA CONCRETO A RESOLVER

Con toda la información recolectada a lo largo de este capítulo, sobre la problemática de las MyPEs en el contexto económico y cultural mexicano, el problema en el que se enfocará esta investigación es, la falta de una adecuada planeación de la cadena de suministro, como parte de los procesos de incubación, que es a final de cuentas la forma en que se realizarán todos los procesos una vez que la empresa inicie operaciones; y de elaboración de escenarios de la misma, que les permita tomar mejores decisiones a los emprendedores, sobre cómo diseñaran sus procesos antes del inicio de operaciones, siendo la cadena de suministro irreversible una vez que se inician las operaciones. Tampoco se tienen disponibles herramientas, que involucren tanto análisis cuantitativos como cualitativos para llevar esto a cabo, que provean con información suficiente y adecuada a los emprendedores de MyPEs EBT, que les permita prepararse adecuadamente para sobrevivir el periodo después del inicio de operaciones y hasta el inicio de ingreso de utilidades, denominado como el valle de la muerte, donde actualmente se reporta un alta mortandad de MyPEs, ocho de cada diez mueren en los primeros 2 años, de acuerdo con INEGI (2011). La Figura 1.7 representa el sistema del problema e ilustra la forma en que este interactúa con su entorno, así como la ubicación exacta de esta investigación.

³ Bill of materials (Consultora AT Kearney, 2009): es una técnica donde se enumeran todos los componentes, conjuntos y subconjuntos de un producto, así como las relaciones de precedencia, relaciones 'padre e hijo' entre los componentes y la cantidad de los elementos necesarios para la fabricación del producto final.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

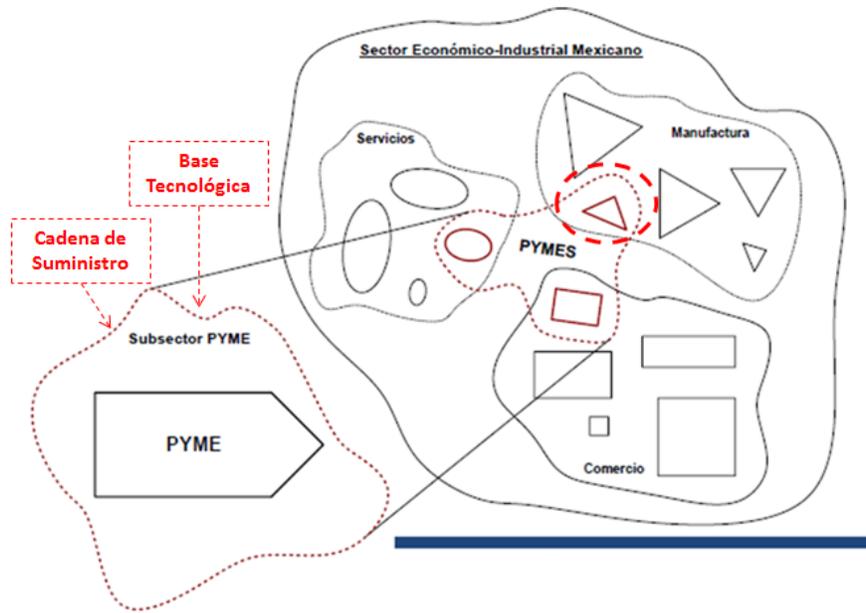


Figura 1.7. Sistema donde se ubica la problemática (Ordoñez, 2012).

CAPÍTULO II

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 OBJETO DE ESTUDIO

En el marco teórico se resume la búsqueda de literatura, que apoye a definir y estructurar, una propuesta de solución para la problemática mencionada en el capítulo 1, por lo que se busca repasar estos conocimientos, para cada una de las herramientas que podrían apoyar en la investigación. Para esto se ha definido en concreto al objeto de estudio, como las MyPEs de base tecnológica en etapa de incubación, que requieren una manera de planear y diseñar adecuadamente su cadena de suministro, con el objetivo de que no cierren antes de pasar el valle de la muerte, durante los primeros años, al inicio de operaciones.

2.1.2 INVESTIGACIONES SOBRE EL OBJETO DE ESTUDIO

Se busca hacer la investigación de herramientas que permitan planear y diseñar cadenas de suministro. Tomando esto como base se hizo una revisión sobre las tesis y estudios anteriores a este objeto de estudio y se encontró una gran cantidad de información sobre estudios hechos con anterioridad, por lo tanto esta sección en su primera fase se enfocará en resumir los estudios realizados en tesis de la UNAM, desde la perspectiva de la ingeniería de sistemas, para resolver problemas en MyPEs; en su segunda fase, esta sección se enfocará en resumir la información encontrada en artículos sobre cadenas de suministro en MyPEs, problemas más comunes en MyPEs y en sus cadenas de suministro.

En la tabla 2.1, se muestran las tesis UNAM consultadas y la información más importante obtenida de cada una.

Año	Autores	Título	Información relevante
2010 – Tesis UNAM	Dario Alfredo Solano Salazar	El papel de la innovación en algunas PyMEs de Manufactura	Información actualizada sobre PyMEs y la innovación como factor que agrega valor.
2012 – Tesis UNAM	Josaine Alejandro Zarco Roldán	Modelo de inventario con demanda estocástica aplicado a una empresa comercializadora de madera	Información sobre el impacto del inventario en PyMEs. Caso de estudio de una demanda bajo incertidumbre.
2010 – Tesis UNAM	Rodolfo Israel Nájera Prieto	Diseño de una política de inventario y predicción de la demanda dentro de una	Caso de estudio para la predicción de demanda mediante series de tiempos y

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

		PyME dedicad a la manufactura de muebles metálicos	manejo de inventarios mediante simulación.
2012 – Tesis UNAM	Pedro Antonio Ordoñez Islas	Metodología para el diagnóstico organizacional de PyMEs	Información muy detallada del contexto de las PyMEs en México.
2010 – Tesis UNAM	José Armando Arroyo Sánchez	Planeación de la producción y distribución de una cadena de suministro mediante un modelo matemático de optimización	Modelos matemáticos utilizados para optimizar cadenas de suministro, en específico enfocado a redes de distribución.
2009 – Tesis UNAM	Nayelli Manzanárez Gómez	Determinación de una política de inventarios para manejo de flujo de efectivo	Información detallada del uso de series de tiempos para pronosticar la demanda.
2006 – Tesis UNAM	Juan Pablo Riquelme Rodríguez	Simulación de cadenas de suministros: El caso de un sistema de préstamo entre bibliotecas de una universidad de México	Información detallada de los estudios que se han hecho sobre simulación. Caso de estudio de uso de simulación en una cadena de suministro orientada a servicios.
2011 – Tesis UNAM	Jesús Mendoza Reyes	Aplicación de la teoría de restricciones para diagnóstico y propuesta de mejora en los procesos de una PyME	Ejemplo de aplicación de Value Stream Mapping y caso de estudio de implementación.
2012 – Tesis UNAM	Raul Tafolla Rodríguez	Evolución de la cooperación para el desarrollo de alta tecnología entre una PyME y un centro de investigación: Nanosoluciones S.A. de C.V. y el centro de investigación en química aplicada	Introducción al concepto de <i>Valley of Death</i> , detalla la relación que existe entre PyMEs y centros de investigación así como sus principales problemas.

Tabla 2.1.- Resumen de consulta de tesis UNAM para el marco teórico (creación propia).

A partir de la revisión de las tesis arriba descritas, se dio pie para investigar más de cerca a otros autores contenidos en ellas. En la tabla 2.2, se muestra a manera de resumen, la información

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

relevante contenida en diversas investigaciones de estos autores, que pudieran apoyar a estructurar una herramienta de solución:

Línea de investigación	Autor y año	Herramientas utilizadas	Conocimiento de interés
Simulación	Pearson y Olhager (2002)	Simulación en cadena de suministro de productos móviles.	Evalúa la cadena anterior, actual y futura.
	Muñoz (2003)	Enfoque bayesiano incorporado al escenario que se va a modelar.	Reduce la incertidumbre asociada a la información que se tenga de estudios anteriores.
	Rossetti y Chan (2003)	Simulación en cadenas de suministro con análisis dinámico.	Se identificaron y analizaron elementos fundamentales necesarios para modelar situaciones de cadenas logísticas mediante simulación
	Williams y Gunal (2003)	Utilizaron SimFlex para análisis de cadenas de suministro.	El software ofrece ventajas para modelar redes logísticas.
	Tan, Zhao y Taylor (2003)	Simulación en cada elemento de una cadena de suministro.	Presentan un ejemplo de cadena de suministro distribuida en diferentes puntos geográficos e integrada mediante arquitectura de alto nivel (HLA).
	Walsh, Sawhney y Bashford (2003)	Simulación en la industria de construcción.	Se observa como la simulación ayuda en un ambiente de incertidumbre y de altos costos.
	Dalal, Bell, Denzien y Keller (2003)	Tiempo de “calentamiento” en la simulación.	Proponen una manera de alimentar un programa de simulación con datos reales provenientes de una cadena logística de automóviles.
	Truong y Azadivar	Algoritmos genéticos y simulación en el diseño de	Muestra como la simulación juega un papel importante en la evaluación de costos y nivel de

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

	(2003)	una cadena de suministro.	servicio al cliente.
	Sen, Pokharel y Yulei (2004)	Modelo matemático para mejorar la cadena de suministro.	La simulación se usa para analizar diferentes situaciones no existentes cambiando algunas de las variables.
	Reiner y Trcka (2004)	Efecto látigo en cadenas de suministro.	El efecto látigo no siempre se elimina al reducir el número de componentes de la cadena.
	Constantino (2005)	Simulación para analizar escenarios.	Simula el cierre de centros de distribución para verificar impactos.
	Kara (2006)	Simulación Arena para simular una cadena de suministro.	Determinación de la mejor localización de una planta de reciclaje.
<i>Traveler Salesman Problem (TSP)</i>	González y Mercado (1999)	TSP usado para programar las tareas de una máquina.	Mejora de los tiempos de cambio "SMED" al optimizar la secuencia y orden de las tareas a ejecutar.
	González y Mercado (1999)	TSP usado para la distribución de mercancía.	Rutas que deben seguir los camiones para distribuir productos.
Series de tiempo	Manzanárez (2009)	Patrón horizontal.	No existe tendencia.
	Manzanárez (2009)	Patrón estacional.	Serie que fluctúa por estaciones que pueden ser meses.
	Manzanárez (2009)	Patrón cíclico.	Semejante al estacional pero con duraciones mayores a un año.
Series de tiempo	Manzanárez (2009)	Patrón tendencial.	Existe aumento o disminución general del valor de la variable a lo largo del tiempo

Tabla 2.2. Resumen de líneas de investigación y conocimiento de interés (Creación propia).

Una de las líneas más utilizadas en estas investigaciones, habla de la simulación aplicada a cadenas de suministro y a continuación se profundizará en este tema. De acuerdo con Averill y Kelton (2000), la simulación es una técnica de la investigación de operaciones que consiste en formular

un modelo que se ajuste o represente un sistema real para poder llevar a cabo experimentos con él, con el fin de entenderlo y así entender el comportamiento del sistema real que representa. Es una técnica adecuada para sistemas complejos y dinámicos. De acuerdo con la tesis de Riquelme (2006), se ha documentado la utilización de simulación en los siguientes casos:

Person y Olhager (2002) llevan a cabo un estudio de simulación para una cadena de suministro de productos de comunicación móviles. El estudio de simulación se lleva a cabo para evaluar los componentes de la cadena en tres situaciones: la cadena de suministro anterior, actual y futura. Para cada uno de estos modelos se llevan a cabo todos los pasos de la simulación.

Muñoz (2003) propone un enfoque Bayesiano en el que incorpora información del escenario que va a modelar, así como información de periodos anteriores correspondiente a distribuciones de probabilidad de un modelo de simulación. De esta manera reduce la incertidumbre asociada a la información que tenga de estudios anteriores, que generalmente es utilizada para alimentar los modelos de simulación. En otras palabras, se utiliza la simulación con datos que corresponden al escenario actual, combinados con datos de escenarios anteriores. Es importante mencionar que debido a las fluctuaciones de las variables de la cadena de suministro, los datos de escenarios anteriores no siempre son una fuente confiable de información para futuros escenarios.

Rossetti y Chan (2003) desarrollaron un marco de simulación de cadenas de suministro para facilitar el análisis dinámico de esos sistemas. Mediante este estudio se identificaron y analizaron los elementos fundamentales necesarios para modelar situaciones de cadenas logísticas mediante simulación.

Williams y Gunal (2003) utilizan un software de simulación llamado SimFlex para el análisis de cadenas de suministro, que ofrece ventajas para modelar redes logísticas y es compatible con otros programas de computadora.

Tan, Zhao y Taylor (2003) presentan un ejemplo de una cadena de suministro distribuida en diferentes puntos geográficos en la que cada elemento tiene un programa de simulación propio, los cuales se integran mediante una arquitectura de alto nivel (HLA). Esta serie de programas distribuidos tienen un lenguaje común.

Walsh, Sawhney y Bashford (2003) presentan un estudio de simulación para la industria de la construcción. En este caso se puede observar cómo la simulación ayuda a tomar decisiones en un ambiente de incertidumbre en donde los costos varían respecto al tiempo.

Dalal, Bell, Denzien y Keller (2003) explican la necesidad de que algunos modelos de simulación utilicen un tiempo de "calentamiento" dependiendo de los datos con los que se trabajan. Después proponen una manera de alimentar un programa de simulación con datos reales provenientes de una base de datos de distribución de una cadena logística de automóviles.

Truong y Azadivar (2003) abordan un problema de diseño de una cadena de suministro mediante un enfoque que involucra la combinación de algoritmos genéticos, programación entera mixta y simulación. En este estudio se consideran diferentes variables de decisión como ¿fabricar o

comprar? Selección de socios, planeación de la producción en inventarios en cada etapa de la cadena, localización y capacidad de la producción. La simulación juega un papel importante en la evaluación de costos y nivel de servicio al cliente en la cadena.

Sen, Pokharel y Yulei (2004) construyen un modelo matemático para mejorar la estrategia de una compañía dentro de la cadena de suministro. Para el modelo se toman en cuenta factores como el ciclo de vida del producto, cambios de precio y nivel de servicio al cliente. La simulación se utiliza para analizar diferentes situaciones no existentes cambiando algunas de las variables.

Reiner y Trcka (2004) analizan el efecto látigo en una cadena de suministros usando simulación. Modelan el comportamiento de la demanda desde los minoristas, el centro de distribución y el productor encontrando resultados interesantes al concluir que en este ambiente de simulación, el efecto látigo no siempre se elimina al reducir el número de componentes en la cadena.

Constantino (2005) utiliza un algoritmo de planeación de rutas de vehículos para simular los efectos que tendría el cierre de centros de distribución de oxígeno medicinal en una cadena de suministros en Italia. El oxígeno medicinal es distribuido en cilindros y una vez que se usa, se debe recoger el cilindro vacío. Además existe un tiempo máximo de entrega de cilindros debido a que un retraso podría poner en riesgo la salud de los usuarios del gas. En este trabajo se prueban distintos escenarios en los que se cierran uno o dos centros de distribución y se analiza la capacidad de los centros de distribución restantes de manera que se puedan entregar los cilindros llenos a tiempo y se puedan recoger los cilindros vacíos en el menor número de viajes posible.

Kara (2006) utiliza el programa de simulación Arena para simular una cadena de suministro en la que se distribuye una serie de productos y se recogen después de ser usados de manera que se pueda reciclar el material. El objetivo del estudio es determinar la mejor localización de la planta de recolección y desensamble del producto a reciclar.

Otra de las líneas de investigación que se consideran importantes para mejorar el proceso de distribución y flexibilidad en la producción, es el problema del agente viajero (TSP "*Traveler Salesman Problem*"), sin embargo aún no se ha podido encontrar alguna tesis de la UNAM donde se aplique a cadenas de suministro, sin embargo se ha encontrado el artículo de González (1999) donde se habla de las aplicaciones del TSP, sin embargo no se aplica a un caso específico. La primera aplicación tiene que ver con la programación de tareas en una máquina. Muchas veces en un algún taller de manufactura, se cuenta con una sola máquina en la cual se pueden procesar diferentes tareas, una a la vez. Ahora bien, para procesar cada una de estas tareas, la máquina requiere de cierta configuración característica de la tarea, pueden ser: número y tamaño de diferentes dados, colocación de cuchillas a cierta distancia unas de otras, colorantes para alguna fibra, etc. De manera que una vez que una tarea ha sido terminada, es necesario preparar la máquina para procesar una nueva tarea, aquí será necesario invertir cierto tiempo y este tiempo dependerá de la tarea recién procesada y de la próxima. Si las características de una tarea son similares a las de otra, es plausible pensar que el tiempo que se requiere para pasar de una configuración a otra será pequeño, en comparación del tiempo requerido para pasar de una tarea a otra con características muy diferentes.

Desgraciadamente durante las labores de preparación de la máquina, ninguna de las tareas se puede ejecutar, así que este tiempo es tiempo perdido, y se está desaprovechando la capacidad de la máquina, esto representa un costo de oportunidad para la empresa. Es importante entonces encontrar el orden en el cual se deben procesar estas tareas con el fin de reducir al mínimo todo este tiempo perdido. Aun cuando este problema parezca no tener ninguna relación con el TSP, se puede formular de la misma manera. Cada tarea puede ser vista como una de las ciudades a visitar, y el tiempo necesario para cambiar la configuración de la máquina corresponde a la distancia que hay entre una ciudad y otra. Encontrar la manera de ordenar las tareas para minimizar el tiempo total de preparación es equivalente a diseñar la ruta, esto es, el orden en el cual se deben visitar las ciudades para minimizar la distancia total recorrida. Esto nos da una idea de lo crucial que resulta tener buenas soluciones para TSP en un ambiente de manufactura.

Un segundo ejemplo lo podemos encontrar dentro de la logística de distribución de mercancía a los clientes. Generalmente, algunas empresas que distribuyen bienes perecederos necesitan hacerlo en un tiempo corto, un esquema muy común es que la empresa disponga de un almacén central, en el cual se concentran los bienes a distribuir, y una flotilla de unidades de transporte se encarga de visitar a los clientes para hacer entrega de mercancía. Analicemos los componentes de este problema, en primer lugar tenemos que las unidades de servicio son limitadas, la forma en la que se podría efectuar la entrega de mercancías en el menor tiempo posible, sería enviar una unidad a cada uno de los clientes. Pero lo más realista sería pensar que no se tienen tantas unidades como clientes, ya que esto resultaría sumamente oneroso.

Si la empresa dispone de una sola unidad el costo fijo se reduce bastante, y el problema de determinar la ruta que debe de seguir el vehículo para entregar en el menor tiempo toda la mercancía es ni más ni menos que el TSP. Pero aquí hay dos problemas en los que tenemos que pensar: en primer lugar puede ser que el tiempo mínimo (si es que se puede determinar) resulte demasiado largo, p. ej. Si se trata de entrega de leche, esta debe de estar entregada por la mañana, que es cuando los clientes la requieren, y con una sola unidad de entrega, podría darse el caso que los últimos clientes la fueran recibiendo por la tarde. Por otro lado, las unidades tienen una cierta capacidad de almacenamiento, y puede ser que se necesiten varias para poder cargar con toda la mercancía que debe de ser entregada.

Así pues vamos que este problema contiene dentro de sí muchos más. Primero: determinar cuál es el tamaño ideal de la flota de vehículos. Segundo: determinar cuáles son los clientes que deben ser asignados a cada unidad para hacer la entrega. Y finalmente: cuál es la ruta que debe de seguir cada una con el fin de terminar con el reparto en el menor tiempo posible. Para complicar más las cosas estos problemas no son independientes, sin que la solución de uno determina la de otro. Este problema se conoce como el problema de ruteo de vehículos (*VRP: Vehicle Routing Problem*).

Otra de las líneas de investigación relevantes es el estudio de series de tiempos, para este tema, al igual que el de simulación, se han encontrado numerosas tesis de la UNAM como la de Manzanarez (2009), donde se habla de la importancia de hacer buenos pronósticos de demanda para poder determinar una política de inventarios que permita un mejor manejo de flujo de

efectivo. Una serie temporal o de tiempo es una secuencia de valores observados a lo largo del tiempo, y por tanto ordenados cronológicamente, el estudio de estas series temporales tienen su principal aplicación en los pronósticos, es decir, en la estimación de valores futuros de la variable en función del comportamiento pasado de la serie.

Existen cuatro elementos básicos de un patrón encontrados en las series de tiempo:

- Patrón horizontal: se da cuando no existe tendencia alguna en los datos. Esto se conoce como serie estacionaria, no tiende a aumentar o disminuir a través del tiempo de manera sistemática. Para este tipo de datos se puede utilizar el promedio simple, promedios móviles, modelos ARMA (*autoregressive moving average*) y ARIMA (*autoregressive integrated moving average*) también conocidos como modelos Box – Jenkins.
- Patrón estacional: Se presenta cuando una serie fluctúa de acuerdo con un factor estacional. Las estaciones pueden ser meses, horas del día, días de la semana. Las técnicas a utilizar en este tipo de series son: suavizamiento exponencial de Winter, regresión múltiple, ARIMA.
- Patrón cíclico: Es semejante al estacional pero la duración de un ciclo es generalmente mayor a un año, este patrón es difícil de pronosticar ya que no se repite a intervalos constantes de tiempo y su duración no es uniforme. Las técnicas que se utilizan en estas series son modelos de indicadores económicos econométricos, de regresión múltiple y ARIMA.
- Patrón tendencial: Se da cuando existe un aumento o disminución general del valor de la variable a lo largo del tiempo. Las técnicas utilizadas para estas series son promedios móviles, suavizamiento exponencial con tendencia, regresión simple y ARIMA.

En la tabla 2.3, se muestran las tesis de la tabla 2.1, pero con información adicional relevante que ayudará a definir mejor las líneas de investigación consultadas. El orden de tesis de la tabla 2.3 es el mismo que el de la tabla 2.1.

Año	¿Usó SOR ⁴ ?	¿Usó herramientas de pronósticos de demanda?	¿Usó herramientas de control de inventarios?	¿Usó herramientas de Ruteo?	Tipo de producto	¿Se implementó?	¿Se sistematizó?
2010	Si	No	No	No	Varias Manufactura	No	No
2012	No	Si	Si	No	Madera	Si	No

⁴ SOR (Soft Operations Research) (Jackson, 2002): Se refiere a un conjunto de técnicas de la investigación de operaciones denominadas suaves, por su enfoque en análisis cualitativos más que cuantitativos.

2010	No	Si	Si	No	Muebles	Si	No
2012	Si	No	No	No	Comercio	Si	No
2010	No	Si	Si	Si	Bebidas	Si	No
2009	No	Si	SI	Si	Comunicación	Si	No
2006	No	Si	Si	No	Bibliotecas	Si	No
2011	Si	No	No	No	Silicón	Si	No
2012	No	No	No	No	Nano componentes	No	No

Tabla 2.3.- Análisis de la consulta de tesis UNAM para el marco teórico (creación propia).

Con base en este análisis se puede concluir que las líneas de investigación predominantes, en tesis de la UNAM, se enfocan a simulación y series de tiempo.

En la segunda fase de esta sección, se abordan los artículos que se han publicado de manera nacional e internacional sobre el objeto de estudio. La búsqueda se basa en las siguientes palabras clave: “Cadena de suministro en PyMEs”, “Estructura y problemas de PyMEs”, “Simulación en cadenas de suministro”, “ERP implementado en PyMEs”, “Resiliencia en cadenas de suministro”, “Emprendimiento”. En la búsqueda de artículos utilizamos la palabra PyME y no MyPE, por qué normalmente se ha venido utilizando el término PyME que abarca desde las micro hasta las medianas empresas. La búsqueda se hace con estas palabras clave y buscando acotar el tema como lo indica la Figura 2.1.

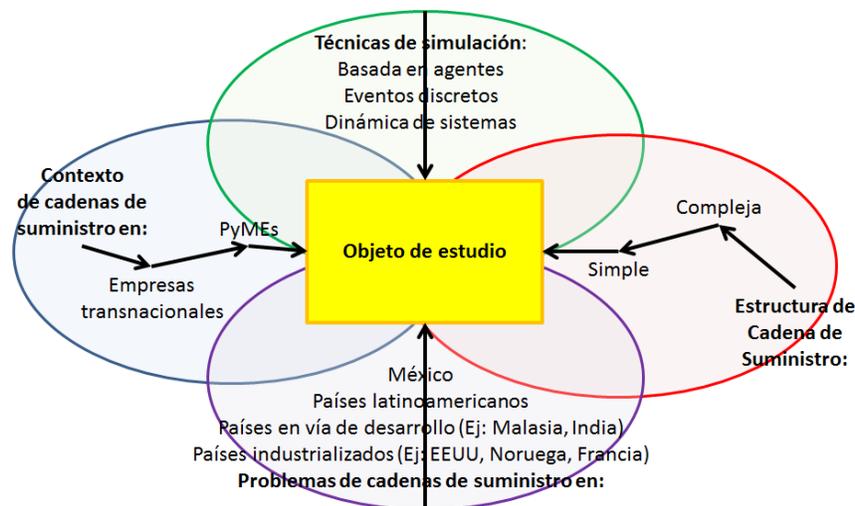


Figura 2.1. Acotación de búsqueda de información (creación propia con base en la investigación bibliográfica realizada).

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

En la Figura 2.1, se pretende establecer en cada uno de los círculos uno de los temas abordados en las palabras clave, conforme los conceptos pasan de afuera hacia adentro de los círculos, estos temas son más cercanos al tema de investigación de esta tesis. Así por ejemplo es preferible, pero no descartable, estudiar los problemas de PyMEs en México que en países industrializados, o las cadenas de suministro en PyMEs que en empresas transnacionales.

En la tabla 2.4 se muestra el resultado de esta búsqueda, con un resumen muy breve por cada elemento expuesto.

#	Título	Autor	Año	Palabra Clave	Contenido importante
1	Adoption of supply chain management in SME's	Too Ai Chin	2012	Cadena de suministro en PyME	Discute la importancia de la administración de la cadena de suministro y los beneficios que podría traer a las PyMEs, centrándose en Malasia.
2	La gestión de proveedores: Estrategia clave para una mejor gestión de la cadena de suministro en la PyME manufacturera de Aguascalientes	Octavio Hernández Castorena	2013	Cadena de suministro en PyME	Evaluación de la relación con sus proveedores de 120 PyMEs manufactureras de Aguascalientes, en 2012, para conocer si esto era un factor clave.
3	Cadena de suministro global, un reto para México	Ana Grisel Maldonado Carrasco	2009	Problemas de cadenas de suministro	La importancia del encadenamiento a procesos globales y los retos que afrontan las PyMEs para esto.
4	Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico	José Elías Jiménez Sánchez (IMT)	2002	Problemas de cadenas de suministro	Conceptualiza el enfoque logístico de cadena de suministro y sus elementos.
5	Can the SME survive the supply chain challenges?	Terje I. Vaaland Morten Heide	2007	Cadena de suministro en PyME	Estudio realizado a 200 PyMEs Noruegas durante 2006, para conocer sus prácticas de administración de cadenas de suministro.
6	A conceptual role	Jitesh	2008	Cadena de	Define los personajes clave en la

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

	interaction model for supply chain management in SMEs	Thakkar		suministro en PyME	cadena de suministro de PyMEs y 13 posibles combinaciones de estos roles en un cubo coordinado.
7	Desempeño de las cadenas de suministro en México	Rodolfo Hernández Casanova (Secretaría de economía)	2010	Problemas de cadenas de suministro	Estudio que proporciona datos duros sobre los costos logísticos en México.
8	Benchmarking logístico: Indicadores de desempeño en las cadenas de suministro en México 2015	Pamela Miranda (Secretaría de Economía)	2015	Problemas de cadenas de suministro	Datos duros sobre el desempeño de las cadenas logísticas de empresas mexicanas y recomendaciones para mejorar.
9	<i>SIP (Site Integrated Planning) key user certification manual.</i>	SAP	2012	ERP para cadenas de suministro	Muestra el proceso que se debe seguir para administrar una cadena de suministro, hasta a nivel transaccional.
10	A composite framework of supply chain management and enterprise planning for small and medium-sized manufacturing enterprises	Neil Towers Bernard Burnes	2008	Cadena de suministro en PyME	Evalua la importancia e impactos economicos existentes entre PyMEs manufactureras y sus relaciones de intercambio con clientes y proveedores en Reino Unido.
11	The impact of supply chain management practices on performance of SMEs	S.C. Lenny Koh	2007	Cadena de suministro en PyME	Estudio sobre las prácticas de administración de cadenas de suministro en 203 PyMEs manufactureras de productos metálicos en Turquía.
12	Indicadores logísticos en la cadena de suministro como apoyo al modelo SCOR	Abdul Zuluaga Mazo	2014	Problemas de cadenas de suministro	Define los principales indicadores de una cadena de suministro dividiéndolos en cada uno de los elementos de la misma.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

13	La logística como factor de competitividad de las PyMEs en las Américas	Carlos Kirby (Banco Interamericano de Desarrollo)	2011	Cadena de suministro en PyME	Cambios e importancia de los elementos de la cadena de suministro que han cambiado con el auge de la globalización.
14	La creación de valor a través de una logística integral en la pequeña y mediana empresa de sector calzado en León	Francisco Javier Villarreal Segoviano (Universidad Autónoma de Querétaro)	2012	Tesis	Comparación de la administración de la cadena de suministro en PyMEs de calzado de León, Guanajuato.
15	Logística: el reto competitivo de las PyMEs mexicanas	Mijaíl Armenta Aranceta	2010	Cadena de suministro en PyME	Problemática de las PyMEs mexicanas, visto desde el punto de vista de la logística.
16	Propuesta metodológica para el diseño de un sistema experto que ayude a determinar el nivel de planificación colaborativa en cadenas de suministro de MIPyMEs mexicanas	Horacio Bautista Santos	2013	Cadena de suministro en PyME	Metodología que brinda las bases para el desarrollo de un sistema experto, para identificar debilidades de la cadena de suministro y eslabones que requieran atención especial, además de las variables a mejorar en cada uno de ellos.
17	Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México	Patricia Cano Olivos	2015	Cadena de suministro en PyME	Presenta el diseño de un modelo conceptual de gestión logística para PyME, brindando el control de variables involucradas en los procesos logísticos. Contiene un cuestionario de evaluación para PyMEs
18	El rendimiento de la PyME manufacturera a través de la gestión	Luis Aguilera Enríquez	2014	Cadena de suministro en PyME	Estudio sobre la importancia e impacto del control de las variables logísticas con foco en

	de los proveedores y de la cadena de suministro				los proveedores. Estudio comparativo en 120 PyMEs manufactureras mexicanas.
19	Supply chain management in SMEs: Development of constructs and propositions	Jitesh Thakkar	2008	Cadena de suministro en PyME	Compilado de una revisión literaria sobre administración de cadenas de suministro a partir de 77 artículos de investigación revisados, generando insights sobre esta revisión.
20	Supply chain management for SMEs: a research introduction	Jitesh Thakkar	2009	Cadena de suministro en PyME	Detalla la problemática que presentan las PyMEs en India y propone acciones para mejorar estas variables logísticas.
21	A continuous simulation approach for supply chains in the automotive industry	Henri Pierreval	2007	Simulación en cadenas de suministro	Aplicación de simulación dinámica en una empresa automotriz francesa. Contempla 5 plantas ubicadas en dos áreas de producción diferentes.
22	Alternative supply chain production - sales policies for new product diffusion: an agent - based modeling and simulation approach	Mehdi Amini	2012	Simulación en cadenas de suministro	Simulación por agentes de cadena de suministro, con énfasis en el complejo mercado cambiante, para tomar decisiones de venta y producción, tomando como medida el NPV.
23	A multi-agent architecture for outsourcing SMEs manufacturing supply chain	Sushma Kumari	2015	Simulación en cadenas de suministro	Simulación basada en agente que se enfoca en los cambios de requerimientos de los clientes para tomar la decisión en PyMEs de la contratación de servicios outsourcing. Apoya en el manejo de la incertidumbre de los clientes.
24	A multi-agent supply chain simulation analysis through a statistical mixed	Alexandra Seco	2014	Simulación en cadenas de suministro	Simulación de una cadena de suministro farmacéutica, basada en agentes, donde se evalúan varios escenarios para evaluar la coordinación de mecanismos

	model				bajo diferentes condiciones operacionales.
25	An advanced supply chain management tool based on modeling and simulation	Francesco Longo	2008	Simulación en cadenas de suministro	Simulación por eventos discretos, enfocada a diseñar una cadena de suministro flexible y eficiente en tiempo. El objetivo es crear una herramienta de toma de decisiones para la administración de cadenas de suministro. Evalúa control de inventarios, lead times, variabilidad en la demanda del cliente.
26	Analyzing supply chain robustness for OEMs from a life cycle perspective using life cycle simulation	H. Komoto	2011	Simulación en cadenas de suministro	Simulación de ciclo de vida, para determinar las mejores acciones de una cadena de suministro al final de la vida de un producto, evitando obsolescencia e impacto ambiental.
27	An XML-based modular system analysis and design for supply chain simulation	Yuh-Jen Chen	2009	Simulación en cadenas de suministro	Simulación de sistemas dinámicos hecha a través del lenguaje XML en software SIMAN. Busca establecer los elementos de información entre los individuos de un sistema y sus propiedades emergentes por módulos.
28	A simulation-based multi-objective genetic algorithm approach for networked enterprises optimization	Hongwei Ding	2006	Simulación en cadenas de suministro	Se propone una herramienta llamada ONE, para apoyar las decisiones de la cadena de suministro. Esta herramienta utiliza optimización multi objetivo y algoritmos genéticos para una red en 2 casos de estudio.
29	Conceptual modeling in simulation projects	José Arnaldo	2010	Simulación en cadenas	Introduce un técnica de modelación conceptual llamada

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

	by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company	Barra Montevechi		de suministro	IDEF - SIM, con la que se pretende facilitar el paso del modelo conceptual a la programación de la simulación en algún lenguaje específico.
30	Decision support for integrated refinery supply chains. Part 1. Dynamic simulation	Suresh S. Pitty Wenkai Li, Arief Adhitya, Rajagopalan Srinivasan, I.A. Karimi	2008	Simulación en cadenas de suministro	Simulación de sistemas dinámicos, utilizada para simular cadenas de suministro de refinerías creando una herramienta llamada IRIS, para evaluar escenarios. Integra elementos de simulación de eventos discretos con la de dinámica de sistemas. Tiene una parte 2 que no he podido encontrar.
31	Dynamic simulation of the supply chain for a short life cycle product - Lessons from the Tamagotchi case	Toru Higuchi	2004	Simulación en cadenas de suministro	Simulación de sistemas dinámicos que se enfoca en el efecto látigo de la cadena de suministro y pretende simular este efecto en diferentes escenarios, para el caso de estudio del producto de corta vida Tamagotchi.
32	Economic value added of supply chain demand planning: A system dynamics simulation	J. Ashayeri	2006	Simulación en cadenas de suministro	Simulación de sistemas dinámicos enfocada en la confiabilidad de la demanda pronosticada, midiendo el impacto que ciertos porcentajes de confiabilidad confieren a la cadena de suministro completa. Se presenta un caso de estudio de LG Philips Display Europe.
33	SCOR template - A simulation based dynamic supply chain analysis tool	Fredrik Persson	2011	Simulación en cadenas de suministro	Simulación de sistemas dinámicos, basando sus medidas de desempeño en el SCOR y utilizando VSM para conceptualizar la cadena de

suministro.					
34	The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context	Antuela A. Tako	2012	Simulación en cadenas de suministro	Simulación de eventos discretos (parte táctica) y de dinámica de sistemas (parte estratégica) para una cadena de suministro. Este artículo combina ambas técnicas, analiza 127 artículos y hace arroja un estudio sobre cómo se ha usado cada una de las técnicas. Aborda los problemas de dominio de DES y SD, domino común y domino poco común para ambas.
35	The development of a dynamic supply chain analysis tool - Integration of SCOR and discrete event simulation	Fredrik Persson	2009	Simulación en cadenas de suministro	Simulación que integra la de eventos discretos y de sistemas dinámicos utilizando ARENA y SCOR.
36	Benchmarking de procesos logísticos	Juan Pablo Antún Callaba (revista Ingeniería UNAM)	2004	Problemas de cadenas de suministro	Introduce un plan estratégico en logística y compara el contexto de decisiones estratégicas de países en desarrollo (Ej. México) contra países industrializados.
37	Supply chain dynamics, a case study on the structural causes of the bullwhip effect	F. Villegas - Morán (Revista Ingeniería UNAM)	2006	Simulación en cadenas de suministro	Simulación de dinámica de sistemas con enfoque en el efecto lático para la cadena de suministro de una embotelladora en México. Se analizan dos escenarios para evaluar las políticas de dirección.
38	Control de inventarios y su aplicación en una compañía de telecomunicaciones	C.A. Álvarez Herrera (Revista Ingeniería)	2007	Problemas de cadenas de suministro	Descripción de un problema de planeación de capacidad de una red de telecomunicaciones en una compañía, por medio de la utilización de técnicas de

		UNAM)			control de inventarios.
39	Supply chain redesign for resilience using simulation	Helena Carvalho	2012	Resiliencia en cadenas de suministro	Simulación de sistemas dinámicos que muestra el impacto que este tipo de técnicas puede tener para aumentar la resiliencia en cadenas de suministro.
40	Indicadores de desempeño (benchmarking) de procesos logísticos.	Juan Pablo Antún Callaba (Artículo Instituto de Ingeniería UNAM)	2005	Problemas de cadenas de suministro	Compara el contexto de decisiones estratégicas de países en desarrollo (Ej. México) contra países industrializados y propone una metodología de medidas de desempeño logístico.

Tabla 2.4.- Resumen de artículos y libros sobre la línea de investigación (creación propia).

2.1.3 CONCEPTOS IMPORTANTES PARA LA INVESTIGACIÓN

En el marco teórico, también se busca profundizar en 3 conceptos y definir desde que punto de vista se tratarán, estos conceptos son: las etapas de crecimiento en las MyPEs de México, empresas de base tecnológica, composición y etapas de las cadenas de suministro.

Se iniciará con una descripción breve cada una de las etapas de crecimiento de las MyPEs, contenidas en la Tabla 2.5, además se mencionará qué metodología es recomendable utilizar en cada una, no es el propósito de esta tesis profundizar en estas metodologías, sin embargo si es importante señalarlas para justificar en qué etapa nos enfocaremos:

Etapas de madurez de la empresa:	Emprendimiento	Pre - Incubación	Incubación	Consolidación	Crecimiento
Metodología a utilizar:	Design Thinking	Lean Startup	Business Model Canvas	E-Myth	InBuMa

Tabla 2.5. Etapas en el desarrollo de una PyME y metodologías utilizadas (Entrepreneur, 2014).

Etapa 1.- Diseño de la empresa: Es el momento en el cual no se ha desarrollado la hipótesis, idea de negocio, producto o servicio que resuelvan un problema. Aquí se detectan problemas y se proponen ideas con impacto y fáciles de implementar. La metodología que se propone utilizar para esta etapa es el “*Design Thinking*” y se trabaja en las incubadoras como pre incubación.

Etapa 2.- Crea el producto o servicio, mide y aprende: Formulada la hipótesis y la idea, se experimenta con ella en el mercado. La finalidad es, a través de una prueba y error, adaptar el

proyecto a las querencias y necesidades reales y sentidas de los clientes. La metodología recomendada para esta etapa es "*Lean Startup*" y se trabaja en las incubadoras como el proceso inicial de la incubación.

Etapa 3.- Crear, entregar y capturar valor, el modelo de negocios y el plan de negocios: Se desarrolla un modelo de negocio que contemple todas las actividades de gestión. Aquí se innova en la creación, entrega y captura de valor. La metodología recomendada en esta etapa es "*Canvas*" y se trabajan los procesos de incubación, para llevarlo a la realidad.

Etapa 4.- Consolidación de la empresa: Una vez que el producto o servicio y el modelo de negocio ya fueron probados, se procede a sentar las bases para garantizar la rentabilidad de la empresa. En esta etapa la empresa ya ha iniciado operaciones, contempla desde su inicio hasta sus 2 a 5 primeros años; es tal vez la etapa más compleja de las MyPEs donde se presentan grandes dificultades y muchos dueños de estos negocios deciden cerrar. La metodología recomendada para esta etapa es "*E-Myth*". Se llega a trabajar en las incubadoras como un proceso de post incubación, sin embargo en esta etapa los dueños de MyPEs ya han sido incubados formalmente y es su propia decisión el pedir asesoría o no.

Etapa 5.- Crecimiento: Con el fin de mantener el espíritu de adaptación a los cambios y, al mismo tiempo, vigorizar la estandarización y garantizar una visión integral que promueva el crecimiento constante, se introduce una lógica empresarial de corte tecnológico. En esta etapa la MyPE ha superado sus primeros grandes obstáculos y al iniciar su crecimiento requiere una manera profesional para llevar a cabo sus procesos. La metodología recomendada por Entrepreneur (2014) para utilizar en esta etapa es "*InBuMa (Integrated Business Management)*"; es aquí donde se ha detectado la necesidad crítica de sistematizar los procesos de la organización. Es en esta etapa donde actúan las instituciones llamadas aceleradoras, las cuales actúan sobre MyPEs ya operando para apoyarlas a salir adelante, sin embargo la opción de contratar los servicios de una aceleradora de empresas son muy costosos, ya que en México aún no entran en el esquema de apoyos en el que están las incubadoras, por esto son poco requeridos.

La presente investigación se pretende ubicar dentro de las 3 primeras etapas, para actuar como apoyo a la planeación de la empresa durante las etapas de incubación, para que al llegar a la etapa 4 una MyPE tenga mayor posibilidad de supervivencia.

En segundo lugar este marco teórico profundizará sobre un concepto novedoso, un nuevo componente del sector manufacturero que de hecho no aparece en el análisis hecho por el INEGI en 2009, este se refiere a las empresas de base tecnológica (ETB's). Las empresas de base tecnológica, o EBT's es el término que se refiere a un nuevo tipo de empresas, las cuales se basan en el dominio intensivo del conocimiento científico y técnico para mantener su competitividad. De acuerdo con Camacho (2004), sus características principales son:

- empresas basadas en la aplicación sistemática de conocimientos científicos y tecnológicos con la utilización de técnicas modernas y sofisticadas;

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

- organizaciones productoras de bienes y servicios, comprometidas con el diseño, desarrollo y producción de nuevos productos y/o procesos de fabricación innovadores, a través de la aplicación sistemática de conocimientos técnicos y científicos.

Las EBT's son objeto de especial importancia e interés económico, por su impacto en la creación de empleos de alta calidad, el valor agregado que aportan, la innovación que generan, son el origen de las exitosas corporaciones futuras, y la simbiosis que crean grandes y pequeñas empresas. La experimentación es la herramienta básica en las empresas innovadoras; por eso necesitan disponer de organizaciones flexibles; la investigación intra-empresarial es fundamentalmente de producto, con elevada originalidad; este tipo de empresas, al ser pequeñas, tienen poca influencia sobre los proveedores. Las empresas de base tecnológica presentan cuatro características importantes:

- en comparación con las grandes corporaciones, son empresas muy pequeñas que ocupan poco personal y que producen bienes y servicios con alto valor agregado;
- claramente identificada con su fundador o pocos fundadores, son totalmente independientes en cuanto que no forman parte o son subsidiarias de otras empresas de mayor tamaño;
- la principal motivación para su creación fue la posibilidad de explotar una idea tecnológicamente innovadora;
- tienden a relacionarse con las universidades, institutos o centros de investigación, donde se desarrollan tecnologías en áreas de conocimiento similares, a las que dichas empresas requieren para su desarrollo y actualización tecnológica.

El desempeño y adición de valor de las EBT puede ser tasado vía diversas variables, entre las cuales destacan:

- ventas e ingresos netos y pago de impuestos: Las EBT presentan destacadas tasas de crecimiento en términos de ventas e ingresos netos y en pago de tasas impositivas;
- generación de empleo: Las EBT, debido a su tendencia al rápido crecimiento, tienen un sustancial impacto en otras áreas de interés económico; además de ser, por sí mismas, prolíficas creadoras de nuevos puestos de trabajo;
- gastos en investigación y desarrollo y ventas de exportación: Existe una alta correlación entre la proporción de ventas por concepto de exportación y los gastos en innovación y desarrollo (I+D) en las EBT; sin embargo, algunos estudios empíricos sugieren una relación más directa entre la orientación tecnológica de la firma y el nivel de exportaciones que entre los gastos de I+D de un producto o proceso particular y las ventas en el exterior;
- papel en la innovación: De acuerdo con la página web [incubarcolombia \(2014\)](#), básicamente las EBT comienzan su proceso evolucionario respondiendo a necesidades del mercado con productos de alto desempeño; en éste estado las innovaciones se dan más en productos que en procesos.

Las empresas de base tecnológica están incluso catalogadas por el instituto nacional del emprendedor (2014), como “Empresas de alto impacto”. ¿Será acaso que este tipo de empresas podrían darle mayor valor agregado al sector de las micro y pequeñas empresas manufactureras de México? La experiencia de países como Estados Unidos, Canadá, Francia, Alemania, China y Japón parece indicar que la respuesta a esta pregunta es un rotundo sí. En estos países la economía también se basa en las denominadas SME (*Small and Medium Enterprises*), sin embargo, en comparación con México, éstas si dan un mayor valor agregado a la economía al operar en canales de innovación y tecnología de una manera más profesional. Esto se puede notar en al momento de buscar artículos científicos, donde las investigaciones para SME en estos países en diversos temas abundan, mientras que para México solo se pueden encontrar artículos motivacionales, pero que le brindan al emprendedor poca ayuda para estructurar su empresa. Durante este estudio nos enfocaremos en el estudio de micro y pequeñas empresas de base tecnológica.

En tercer lugar, el marco teórico tiene como objetivo profundizar sobre el concepto y componentes de cadena de suministro. De acuerdo con Zandin (2005), se define a cadena de suministro como la totalidad de procesos requeridos para que un producto llegue a su cliente final, es decir abarca desde los proveedores que prestan el servicio a los fabricantes del producto, hasta la logística y distribución de estos productos a los clientes minoristas. Los componentes relevantes de la cadena de suministro se muestran en la Figura 2.2.



Figura 2.2. Gestión de la cadena de suministro y sus componentes (Página web UDLAP, 2014).

La cadena de suministro es un sistema integrado, como tal debemos observarla como un todo para poder trabajar con las características que emergen al relacionarse cada uno de sus componentes (proveedor, fabricante, distribuidor, vendedor, consumidor). Si buscamos observar los componentes por separado difícilmente se podrá sincronizar u optimizar la cadena de suministro. Toda empresa dedicada a la manufactura de producto tiene una cadena de suministro, es en su mantenimiento y funcionamiento donde se invierten la mayoría de los costos de

operación, por lo que optimizar su funcionamiento se vuelve esencial para toda empresa que busca crecer.

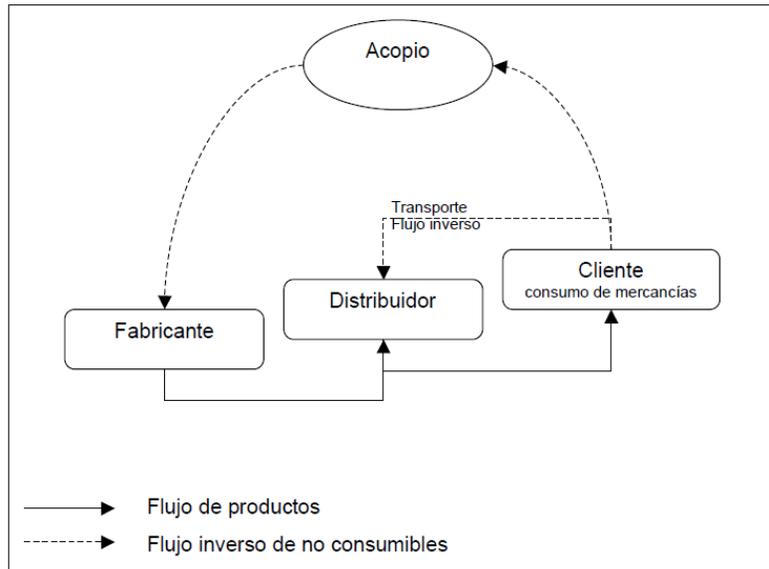


Figura 2.3.- Relación de los componentes de una cadena de suministro, flujo de producto y de información (Antún, 2004).

En la Figura 2.3, se puede observar un enfoque diferente de la cadena de suministro, donde el énfasis principal se da en cómo se mueve el producto y la información a través de ella. Esto es importante considerarlo por qué tanto el adecuado movimiento y manejo de producto como de información son esenciales para mantener balanceada la cadena y reducir costos.

2.2 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta tesis, es generar una herramienta para diseñar cadenas de suministro, contemplando el pronósticos de demanda, control de inventarios, medición de flujos de efectivo y capital de trabajo; en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, ubicadas en la Ciudad de México y dedicadas a la manufactura de productos de base tecnológica no perecederos; utilizando simulación, con el fin de planear cuantitativamente elementos específicos de la cadena y apoyarlas a tomar mejores decisiones al momento de diseñarla, evitando costos derivados de su mala planeación al momento de iniciar operaciones.

Los objetivos específicos son:

- definir los problemas actuales de cadenas de suministro en MyPEs y las soluciones que se han aplicado, mediante investigación bibliográfica;
- definir las metodologías que se han utilizado para simular cadenas de suministro, mediante investigación bibliográfica;

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

- estructurar y definir la problemática de MyPEs, que han finalizado un proceso de incubación, en el contexto actual de México, mediante observación directa del fenómeno y entrevistas de campo;
- generar y validar un modelo de conceptual del sistema y un modelo de simulación programado general;
- implementar el modelo de simulación propuesto, para diseñar la cadena de suministro de una MyPE en proceso de incubación.

2.3 MÉTODOS Y MODELOS

En esta sección se detallará el punto de vista, que será tomado para las metodologías y modelos matemáticos, que guiarán el desarrollo de la herramienta de simulación, en el capítulo 3.

2.3.1 METODOLOGÍA DE LA SIMULACIÓN

Existe un gran número de personas que piensa que la simulación es solamente utilizar una computadora y ser experto en algún software, sin embargo esto es erróneo, la simulación tiene toda una metodología que de no seguirse disciplinadamente, podría llevarnos a tomar decisiones erróneas o hacer un trabajo inútil. A continuación se presenta el diagrama donde se explica de manera breve la metodología de la simulación que se utilizará para desarrollar la herramienta.

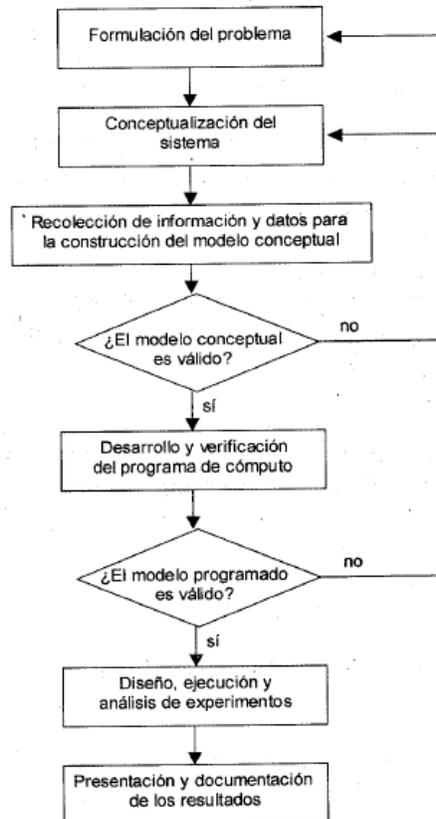


Figura 2.4. Metodología de la simulación (Averill y Kelton, 2000).

2.3.2 TIPOS DE SIMULACIÓN

De acuerdo con Antuela (2012), las dos herramientas que más se han utilizado para simular cadenas de suministro en los últimos años son dinámica de sistema (SD) y simulación de eventos discretos (DES), por lo tanto, abundan artículos científicos con ejemplos en la red, lo que permite tener una mejor referencia sobre cómo llegar a los objetivos planteados en esta investigación. Estos artículos plantean el uso de la dinámica de sistemas de forma estratégica y la de eventos discretos de forma táctica u operacional, además en esta última no se puede simular el efecto látigo o las medidas de desempeño financieras estratégicas, las cuales son de interés en este proyecto. A continuación, se muestra de forma breve la utilización de estas dos técnicas para simular cadenas de suministro a través del tiempo:

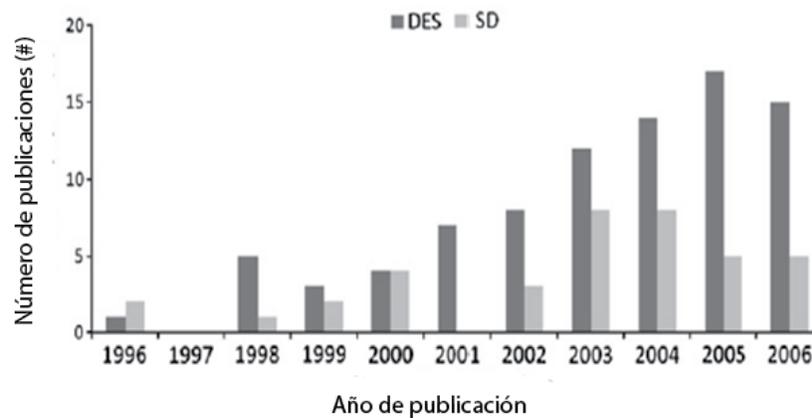


Figura 2.5. Técnicas de simulación utilizadas para cadenas de suministro (Antuela, 2012).

Además al hacer la comparación de los 3 tipos de simulación más utilizados (dinámica de sistemas, eventos discretos y basada en agentes), se puede observar que lo óptimo sería tener un enfoque moderadamente estratégico y moderadamente táctico, sin embargo, esto resultaría en un modelo demasiado complejo, lo cual es algo negativo para los objetivos de esta investigación, principalmente por que el tiempo de ejecución es un factor que las MyPEs cuidan mucho, debido a que la oportunidad de negocio al ser negocios innovadores, podría desaparecer rápidamente. Para conseguir los objetivos que se persiguen en esta investigación, se toma la decisión de utilizar la dinámica de sistemas debido a su enfoque estratégico sobre el sistema que se busca trabajar como cadena de suministro. En la tabla 2.6, se presenta este comparativo entre las 3 técnicas de simulación:

Técnica / Complejidad	Modelo de Redes	Simulación de eventos discretos	Modelo de Sistema Dinámico	Modelos basados en agentes.
No linealidad	Muy pobre	Muy bien	Muy bien	Excelente
Interacciones	Muy bien	Pobre	Pobre	Muy bien
Agentes Inteligentes	Muy pobre	Pobre	Pobre	Excelente
Jerarquías Representativas	Muy bien	Bien	Bien	Excelente
Comportamiento Emergente	Pobre	Pobre	Pobre	Excelente
Adaptación	Muy pobre	Pobre	Pobre	Excelente
Comportamiento Dinámico	Pobre	Muy bien	Muy bien	Muy bien
Facilidad de Creación	Excelente	Pobre	Bien	Muy pobre
Facilidad de Verificación y Validación	Muy bien	Bien	Bien	Muy pobre

Tabla 2.6. Comparación de las técnicas de simulación más utilizadas (Balestrini, 2009).

2.4 MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La perspectiva bajo la cual se desea estudiar y aportar una solución al problema definido anteriormente, es utilizando las técnicas de la investigación de operaciones, para proveer una herramienta a las MyPEs de base tecnológica, manufactureras de la Ciudad de México, que les ayude a obtener información cuantitativa y cualitativa relevante, generar escenarios para facilitar la toma de decisiones y diseñar adecuadamente su cadena de suministro, como parte del proceso de incubación, siendo además la base de cómo estructurarían sus operaciones a ejecutar durante la puesta en marcha. Tomando como base la investigación sobre tesis y estudios anteriores que abordan la solución de problemas en MyPEs, se encontró una gran cantidad de información sobre estudios hechos con anterioridad en tesis de la UNAM, desde la perspectiva de la ingeniería de sistemas.

Una de las líneas más utilizadas en estas tesis habla de la simulación aplicada a cadenas de suministro. De acuerdo con Averill y Kelton (2000), la simulación es una técnica de la investigación de operaciones que consiste en formular un modelo que se ajuste o represente un sistema real para poder llevar a cabo experimentos con él, con el fin de entenderlo y así predecir el comportamiento del sistema real que representa mediante la observación de sus métricos de desempeño en diferentes escenarios. Es una técnica adecuada para sistemas complejos y dinámicos. La propuesta de solución que aquí se plantea, considera trasladar el conocimiento generado en los trabajos de investigación realizados para simular cadenas de suministro, al

contexto de MyPEs en etapa de incubación en México, con todas sus limitaciones y complejidades. Con todo esto se puede planear de una forma cuantitativa la cadena de suministro al momento de incubar MyPEs, para tomar mejores decisiones y evitar malas decisiones que sean irreversibles, como la colocación de instalaciones o almacenes en una zona complicada que aumenten los tiempos de entrega, generación de inventarios en exceso que no se vendan, poco inventario que genere cortos en el suministro, etc. Por lo tanto la propuesta concreta de solución es que la MyPE en incubación pueda tener, además de las herramientas que ya posee mediante la elaboración del plan de negocios, una manera de planear mejor su cadena de suministro.

Otro factor importante que viene inmerso en esta propuesta de solución, es que la MyPE en incubación pueda observar y analizar, elementos de la cadena de suministro y relaciones entre ellos, que no son fáciles de percibir al no estar operando la empresa, pero que de prevenirse y planearse, pueden evitar costos enormes al iniciar operaciones. Normalmente, al tratar de visualizar hacia el futuro la cadena de suministro, se hace de una manera general como lo indica la Figura 2.6, dejando de lado los elementos específicos de movimiento de información, flujo de materiales y de efectivo, haciendo imposible su adecuado diseño. Como lo veremos más adelante, en el capítulo 3 de esta tesis, la capacidad de observación y análisis de los elementos y las relaciones entre ellos, cambian drásticamente al conceptualizar más detallada y profundamente todos los procesos de la cadena de suministro. Son justamente todos estos elementos y sus interrelaciones que no se ven ni se planean durante la incubación, los que busca hacer visibles este trabajo, con el objetivo de que puedan ser planeados de mejor manera y lleven a tomar decisiones oportunas, que apoyen a evadir los costos en los que se incurre cuando se tiene que responder a estos procesos, durante la operación de forma reactiva, sin haber existido una planeación previa.

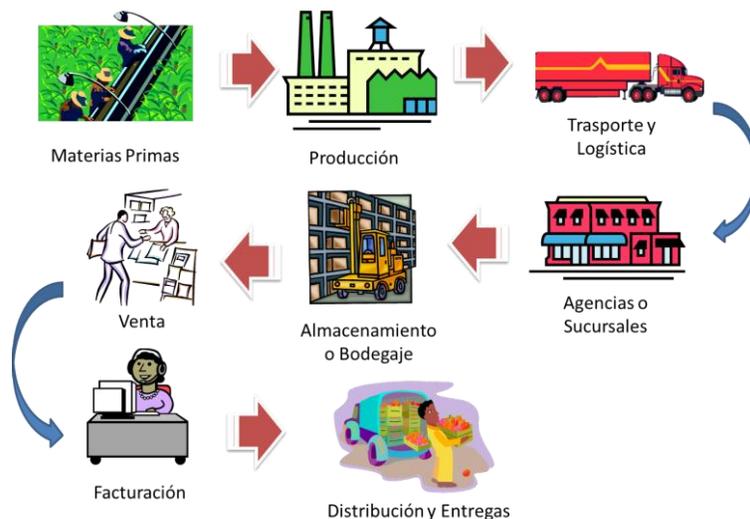


Figura 2.6. Conceptualización de cadena de suministro tradicional, vista durante la incubación (Imagen tomada de un blog de cadena de suministro: 2.bp.blogspot.com/Cadena+de+Suministro).

2.4.2 ESTRATEGIA DE LA INVESTIGACIÓN

Con el objetivo de desarrollar la propuesta de solución descrita arriba, se ha desarrollado una estrategia de cuatro fases. La primera consistió en una investigación bibliográfica profunda, la segunda en investigaciones de campo y la observación de una MyPE en operación desde adentro, para delimitar lo mejor posible su problemática en el contexto de la incubación en México. Los resultados de esta investigación se han mostrado en los capítulos 1 y 2 de esta tesis, además el análisis de esta información es lo que alimentará el trabajo del capítulo 3, ayudando a contestar las preguntas que se muestran a continuación y obteniendo las siguientes aportaciones:

- 1) **Investigación bibliográfica:** Como se ha mencionado esta tesis es práctica y busca la aplicación de la simulación en casos ya existentes, encontrando la manera de aplicarla en el contexto de MyPEs en incubación en México. Encontrar documentación de trabajos similares ayudará a acortar el tiempo de diseño de los modelos, al ya haberse aplicado para cadenas de suministro en alguna otra parte. Mediante las palabras clave: “Cadena de suministro en PyMEs”, “Estructura y problemas de PyMEs”, “Simulación en cadenas de suministro”, “ERP implementado en PyMEs”, “Resiliencia en cadenas de suministro”, “Emprendimiento”, se ha buscado responder a las siguientes preguntas:
 - a. ¿Qué partes componen una cadena de suministro?
 - b. ¿Cuáles son los métricos de desempeño utilizados en cadenas de suministro?
 - c. ¿Cuáles son los problemas más comunes de una cadena de suministro?
 - d. ¿Cómo se han solucionado comúnmente?
 - e. ¿Qué casos de estudio sobre aplicación de simulación en cadenas de suministro existen?
 - f. ¿Cuál es el aprendizaje esencial de cada uno de estos casos de estudio?
 - g. ¿Qué modelos de simulación existen para cadena de suministro?
 - h. ¿Cómo se utilizan?
 - i. ¿Cómo se han resuelto problemas de cadenas de suministro en MyPEs (SMEs) en otros países?
 - j. ¿Es válido el modelo conceptual utilizado de acuerdo a literatura?

Una vez hecho el análisis de la información obtenida en esta etapa, se tiene la siguiente aportación:

- problemas actuales en la cadena de suministro de las MyPEs y manera de solucionarlos en otros países, problemas culturales y de disminución de costos;
- partes que componen a una cadena de suministro y métricas de desempeño que se utilizan;
- definición a detalle del tipo de cadena de suministro que se plantea simular en el trabajo, con detalle muy específico (tipo de distribución, EBT’s);
- corrección del modelo conceptual que será mostrado en el capítulo 3 y su validación mediante investigación bibliográfica;

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

- definición del modelo de simulación basado en la información bibliográfica obtenida y propuesta detallada de implementación del modelo en una MyPE en incubación.

2) **Entrevistas de campo y observación de una MyPE en operación desde adentro:** En esta estrategia se ha buscado crear un entendimiento más a fondo sobre lo que sucede en la realidad con las MyPEs en México, para poder dirigir esta investigación siempre con los pies en la realidad. Se responde a las preguntas:

- a. ¿Cuáles son los problemas, en cuanto a cadena de suministro, que pudieran haberse evitado, si se hubiese planeado mejor durante el proceso de incubación?
- b. ¿Cuál es el costo estimado que este trabajo podría evitar a las MyPEs?

El prototipo de entrevista se ha hecho de acuerdo a lo propuesto por Sampieri (2014) y la MyPE observada desde adentro, se encontraba ya en operaciones después de haber concluido su proceso de incubación.

Una vez hecho el análisis de la información obtenida en esta etapa, se tiene la siguiente aportación:

- ligar la investigación bibliográfica con los hallazgos hechos al consultar a más MyPEs ahora en operación. ¿Qué pudo haber sido diferente desde la incubación para evitar costos durante el inicio de su operación y los problemas que ahora tiene?
- definición del modelo conceptual que será mostrado en el capítulo 3 y su validación mediante comparación con la realidad;
- Apoyar la adaptación del modelo de simulación: Definición del modelo de simulación basado en información de lo que sucede en la realidad y propuesta detallada de implementación del modelo en una MyPE en incubación.

El grueso de la información obtenida en las primeras dos fases de la estrategia, ya ha sido mostrado en el capítulo 1 y 2, además ciertos puntos de su análisis, permitirán generar planteamientos medulares para la elaboración del modelo conceptual general, que será mostrado en el capítulo 3.

Las últimas dos fases de la estrategia de investigación se revisarán en los siguientes capítulos. La tercera fase se refiere al desarrollo de la herramienta de simulación de manera general, para que pueda ser adaptable a casos específicos dependiendo del contexto; una vez desarrollado este modelo general, la cuarta fase describirá detalladamente la aplicación de esta herramienta de simulación en un estudio de caso específico. Para ejecutar estas últimas dos fases, se utilizará en ambas la metodología de la simulación propuesta por Averill y Kelton (2000), como se muestra en la tabla 2.7.

Etapa de la metodología de la simulación	Estrategia de la investigación fase 3: Desarrollo de la herramienta de simulación general	Estrategia de la investigación fase 4: Utilización de la herramienta de simulación en un estudio de caso
Formulación del problema	X	X
Conceptualización del sistema	X	X
Recolección de información y datos para la construcción del modelo conceptual	X	X
Validación del modelo conceptual	X	X
Desarrollo y verificación del programa de cómputo	X	X
Validación del modelo programado		X
Diseño, ejecución y análisis de experimentos		X
Presentación y documentación de los resultados		X

Tabla 2.7. Estructura de la estrategia de investigación fases 3 y 4 (creación propia).

La tabla 2.7, muestra cuales son los pasos de la metodología de la simulación, que serán elaborados y profundizados en cada una de las fases de la estrategia de investigación, así por ejemplo, en la fase 3 no se profundizará en todos los pasos, debido a que es un planteamiento general, que no posee datos específicos sobre alguna cadena de suministro en particular, sin embargo en la fase 4, es donde la herramienta general será adaptada a un caso específico que profundizará en todos los pasos de la metodología de la simulación.

CAPITULO III

3 DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN

Durante el presente capítulo, se busca describir la forma en que se desarrolló la herramienta de simulación del modelo general, los obstáculos que se presentaron y cómo se resolvieron. El objetivo es desarrollar la simulación genérica de una cadena de suministro, esto para apoyar a las MyPEs de base tecnológica, que se encuentran en incubación, a planear y diseñar sus cadenas de suministro, antes de iniciar operaciones, evitando los costos en los que se incurre al no tener una buena planeación de la cadena. El trabajo se desarrollará basándose en la metodología de la simulación propuesta por Averill y Kelton (2000), en este capítulo solo serán utilizados los pasos mostrados en la tabla 2.5 por lo que se explicará en cada etapa cuales son los objetivos y como se cumplirán.

3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En esta etapa se define la problemática que se va a resolver. Aquí debemos tener muy claras las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los objetivos del estudio?
- ¿Cómo deseamos que se comportara el sistema?
- ¿Cuáles son sus necesidades?

Para el presente trabajo, la problemática concreta a resolver es la falta de planeación cuantitativa y de elaboración de escenarios a futuro en los procesos de la cadena de suministro en micro y pequeñas empresas manufactureras y de base tecnológica, durante su proceso de incubación, que les permita tomar mejores decisiones en el diseño de su cadena de suministro, lo cual es uno de los factores que no les permite avanzar en su etapa de consolidación (cuando inician operaciones) y sobrevivir al “valle de la muerte”, periodo comprendido desde el fin de su incubación y hasta el inicio de ingreso de utilidades.

El objetivo general que aquí se plantea, es trasladar el conocimiento que ya se ha generado en otros trabajos de investigación, para simular cadenas de suministro, al contexto de MyPEs en etapa de incubación en México, con todas sus limitaciones y complejidades. Con todo esto se podrá planear de una forma cuantitativa la cadena de suministro al momento de incubar MyPEs, para tomar mejores decisiones y evitar malas decisiones que sean irreversibles, como la colocación de instalaciones o almacenes en zonas complicadas, generación de inventarios en exceso que no se venden, etc. Por lo tanto lo que buscamos es que la MyPE en incubación pueda tener, además de las herramientas que ya posee mediante la elaboración del plan de negocios, una manera de planear mejor su cadena de suministro. La necesidad que tienen estas MyPEs en incubación, es poder visualizar la mayor cantidad de elementos en la cadena de suministro y las relaciones entre ellos, que no es tan fácil ver al no estar operando la empresa, pero que de prevenirse y planearse pueden evitar costos enormes al iniciar operaciones.

La simulación podrá responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el nivel de inventarios recomendado producir, para operar la cadena de suministro sin cortes durante el inicio de operaciones?
- ¿Cuánto tiempo pasará para que la empresa llegue a su punto de equilibrio?
- ¿Cuál es la inversión inicial requerida, para mantener operando correctamente la cadena de suministro, durante la operación?
- ¿Cómo se comportará la demanda de las ventas?
- ¿Cómo se estará utilizando la capacidad de producción instalada, durante los primeros años de operación de la empresa?
- En caso de tener alternativas diferentes en el diseño de la cadena de suministro, ¿Qué alternativa es más rentable ejecutar?

3.2 CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA

En esta etapa se busca estructurar el modelo, definir variables, interrelaciones de variables, distribuciones de probabilidad, parámetros. Se pretende asentar el conocimiento sobre el sistema a simular, la complejidad que se desea trabajar y verificar si el sistema que se está estudiando, es capaz de cumplir con los objetivos propuestos, en la formulación del problema. Para esto se requiere una investigación detallada del sistema.

Se realizó una investigación bibliográfica extensa, sobre los principales elementos y problemas que tienen las cadenas de suministro en MyPEs, después de revisada esta bibliografía se decidió optar por un manual de certificación para usuarios de SAP⁵ en la modalidad de integrador de la planeación de una planta productiva, donde se explica a detalle cómo funciona este ERP⁶ a lo largo de toda la planeación de la producción de una planta, desde proveedores hasta la demanda de los clientes.

La conceptualización de estos sistemas, permite desglosar toda la cadena de suministro de la MyPE y detallar los elementos específicos que influyen en la operación del negocio, así como sus relaciones particulares, uno por uno. Con el objetivo de diferenciar visualmente los diferentes elementos y sus relaciones, se decidió establecer las acotaciones mostradas en la Figura 3.1.

⁵ SAP es una empresa multinacional alemana dedicada al diseño de productos informáticos de gestión empresarial, tanto para empresas como para organizaciones y organismos públicos.

⁶ ERP del inglés *Enterprise Resource Planning* (sistema de planificación de recursos empresariales), un ERP es un software de gestión empresarial que permite planificar y controlar los procesos y recursos de negocio de una empresa. Se trata de conseguir que todos los datos de la compañía estén integrados y conectados.

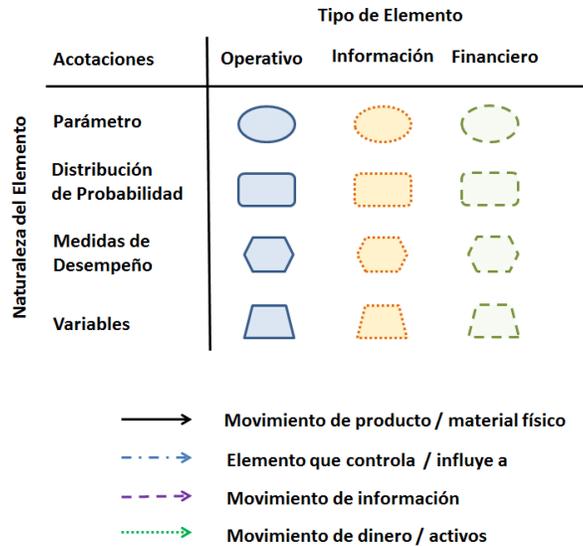


Figura 3.1. Notaciones de la conceptualización del sistema (creación propia).

A continuación detallaremos por qué es importante definir cada uno de los elementos establecidos en la conceptualización:

Tipos de elementos:

- Elementos operativos.- Son los elementos de la cadena de suministro donde se ejecutan los procesos de transformación, es importante identificarlos y definir sus valores con el objetivo de conocer cómo se comportan los procesos productivos de la empresa;
- Elementos de información.- Son los elementos de la cadena de suministro donde se procesa la información resultante de otros elementos, es importante identificarlos y definir sus valores para conocer la clase de información que arrojan los procesos y cómo esta debe ser procesada con el objetivo de detonar acciones en alguna otra parte de la cadena de suministro;
- Elementos financieros.- Son los elementos donde existen involucradas actividades donde se mueve dinero o se impacta al estado financiero de la empresa, es importante identificarlos y definir sus valores para medir el impacto financiero de los movimientos que se hagan en la cadena de suministro, todo esto con el objetivo de tomar decisiones desde el punto de vista económico, sobre las operaciones de la cadena de suministro;
- Movimiento físico de material.- Relaciona elementos donde hay movimiento real y físico de producto, es importante identificar este tipo de relaciones por qué aquí es donde podemos definir los tiempos de espera y transporte en el modelo de simulación, además nos permite conocer cómo se estructura el proceso de transformación dentro de la empresa;
- Elemento que controla o influye a otro.- Establece una relación de control de un elemento hacia otro, es decir lo que suceda en el elemento que controla, influye fuertemente al otro elemento que es controlado, es importante definir este tipo de relaciones para identificar este tipo de relaciones y los tipos de valores en los que controla un elemento al otro, con

el objetivo de establecer los cambios que se darán en el elemento controlado cuando el elemento de control cambie;

- Movimiento de información.- Establece relaciones entre los diferentes tipos de elementos, con el objetivo de identificar qué tipo de información arrojan los mismos hacia otros elementos, qué elementos son estos y cómo esa información será utilizada o detonadora de otras actividades en la cadena de suministro.
- Movimiento de dinero o activos.- Establece relaciones entre los diferentes tipos de elementos para el movimiento de información financiera del negocio, esto es importante para identificar cuáles son los costos de los procesos, del re orden de materia prima, de generar y guardar inventario; así como el beneficio de las ventas de acuerdo a la distribución de probabilidad de la demanda en los clientes, todo esto con el objetivo de conocer si la cadena genera utilidades o no.

Naturaleza del elemento:

- Parámetros.- Se definen como parámetros todos los elementos cuyos valores se obtienen como resultado de las interacciones con otros elementos, no habiendo en este elemento necesidad de hacer variaciones en sus valores de manera manual para observar cómo se comportan los diferentes escenarios de la simulación. Este tipo de elementos puede ser de valores numéricos definidos o de fórmulas definidas, ambos tipos de valores son inamovibles durante las corridas de simulación.
- Variables.- Se definen como variables todos los elementos cuyos valores o parte de ellos, deben variar manualmente para observar cómo se comporta el modelo entero y cambiarlo de manera empírica hasta obtener los resultados que buscamos en las medidas de desempeño. Como ejemplo de este tipo de valores está el inventario de seguridad, dentro de los elementos de inventarios, este valor se cambiará manualmente hasta encontrar el nivel de inventario que proporcione estabilidad a la cadena.
- Distribución de probabilidad.- Se definen como elementos de distribución de probabilidad aquellos que deben correr en la simulación bajo una distribución definida y justificada, arrojando variabilidad durante cada una de las unidades de tiempo del modelo de manera aleatoria, mediante la generación de números aleatorios diferentes en cada etapa del tiempo que se corra el modelo.
- Medidas de desempeño.- Se define como medidas de desempeño aquellos elementos que deben ser observados para evaluar el desempeño del sistema y del modelo simulado, son estos elementos los que deben ser evaluados como parte de la discusión de resultados al finalizar el proceso de la simulación.

Una vez entendidas las notaciones, en la Figura 3.2 se muestra el primer modelo conceptual generado basándose en el manual de SAP:

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

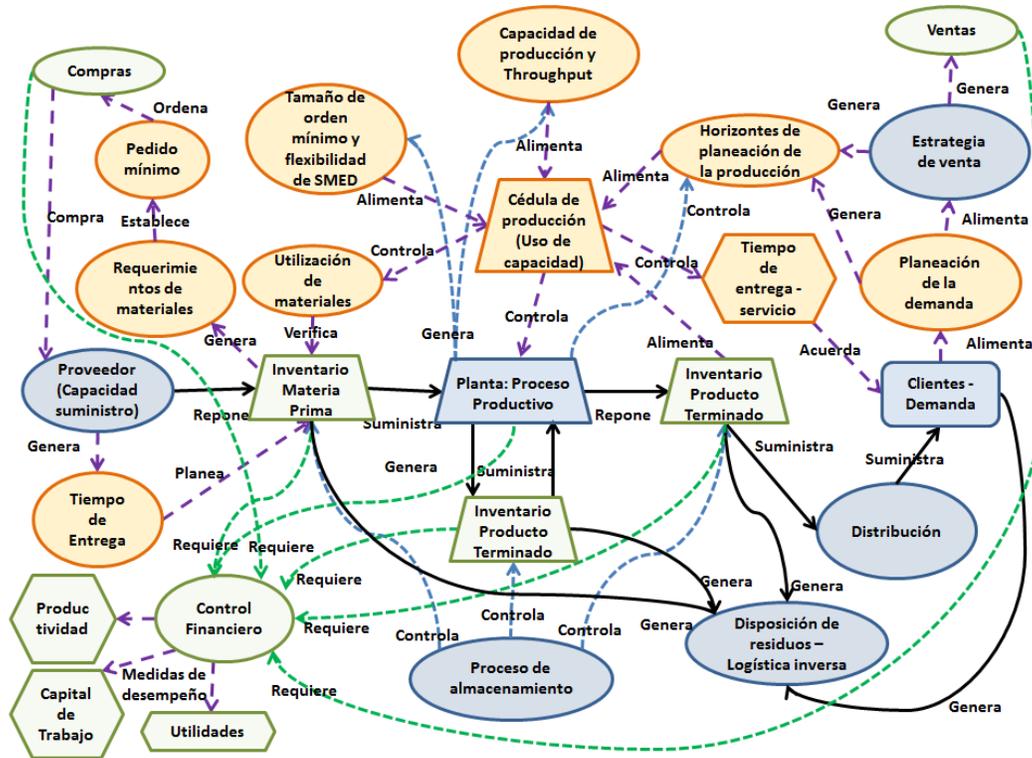


Figura 3.2.- Conceptualización de cadena de suministro (Creación propia con base en el manual de certificación de SAP Site Integrated Planning Key User).

En el presente trabajo, se pretende observar sobre una MyPE de base tecnológica, en proceso de incubación cómo trabajo futuro, pero para hacer eso se debe tener una propuesta muy firme de cómo se simulará y un plan bien definido de trabajo. Además aun en ese trabajo lo que se pretende es planear un futuro de algo que no existe, se busca diseñar. Por todo esto la información que nutre este modelo conceptual se ha obtenido de 3 fuentes principales: literatura de artículos científicos de aplicación de la simulación a cadenas de suministro, observación dentro de una MyPE de base tecnológica que ya se encuentra operando y entrevista con usuarios clave dueños de MyPEs de base tecnológica que ya están operando.

Durante la revisión bibliográfica, se han podido observar al menos 32 configuraciones de cadena de suministro, como se muestran a continuación:

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

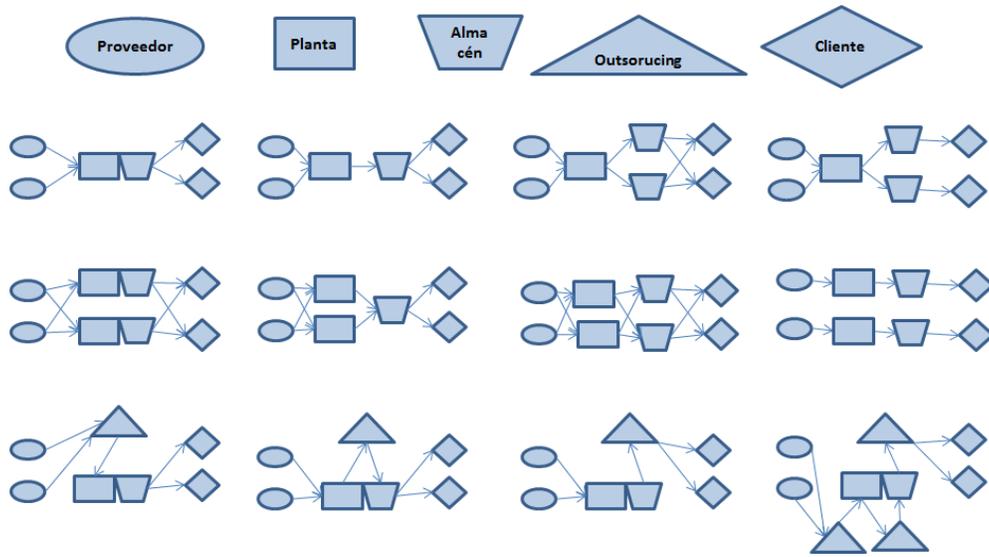


Figura 3.3.- Diferentes configuraciones de cadenas de suministro (Creación propia basada en revisión bibliográfica de cadenas de suministro).

De estos tipos de configuraciones, se decidió trabajar sobre la primera, en la esquina superior izquierda de la Figura 3.3, debido a que es la más simple. Para llegar a esta conclusión se buscó catalogar las configuraciones por su dificultad como se muestra en la Figura 3.4:

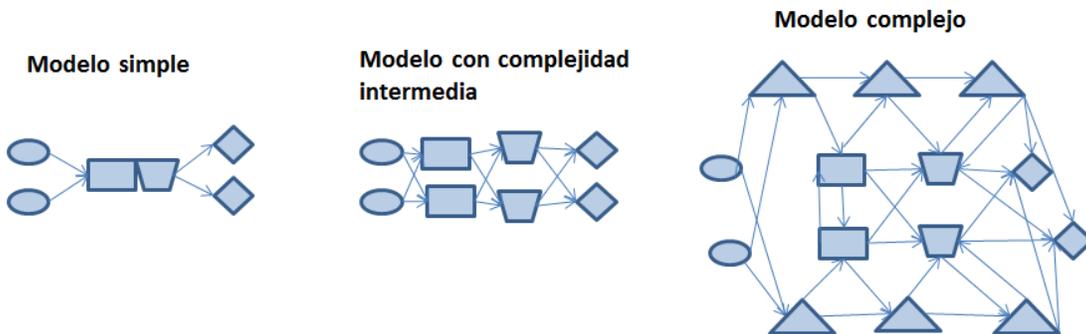


Figura 3.4.- Configuración de cadena de suministro a trabajar, principio de parsimonia (Creación propia).

Se decide trabajar con el modelo más simple por dos razones principalmente, la primera es el principio de parsimonia, la segunda es que este es el tipo de cadena de suministro que se pudo observar en la MyPE en operación, donde se tuvo la oportunidad de hacer una observación detallada de la cadena de suministro.

Sobre las entrevistas, se realizó a 5 dueños de MyPEs en operación, quienes han confirmado que durante la incubación no se tiene alguna forma de planear elementos importantes como inventarios, demanda, almacenes, lo cual tiene como consecuencia grandes costos durante la operación, al responder de manera reactiva ante las necesidades que surgen día a día. Además, confirmaron que un simulador les apoyaría enormemente a llevar un proceso de arranque de operaciones mejor planeado. También se verificó con los 5 usuarios el modelo conceptual sencillo

y la estructura de cadena de suministro simple, para lo cual ellos comentaron que ese tipo de cadena es con la que generalmente inician este tipo de MyPEs.

Al buscar trabajar sobre el modelo de la Figura 3.2, se observa que sería muy difícil iniciar considerando tanta complejidad. Por lo tanto se decidió utilizar el principio de parsimonia, para iniciar con un modelo simple y a partir de él ir agregando más elementos e interrelaciones. En la Figura 3.5 se muestra la simplificación del modelo conceptual:

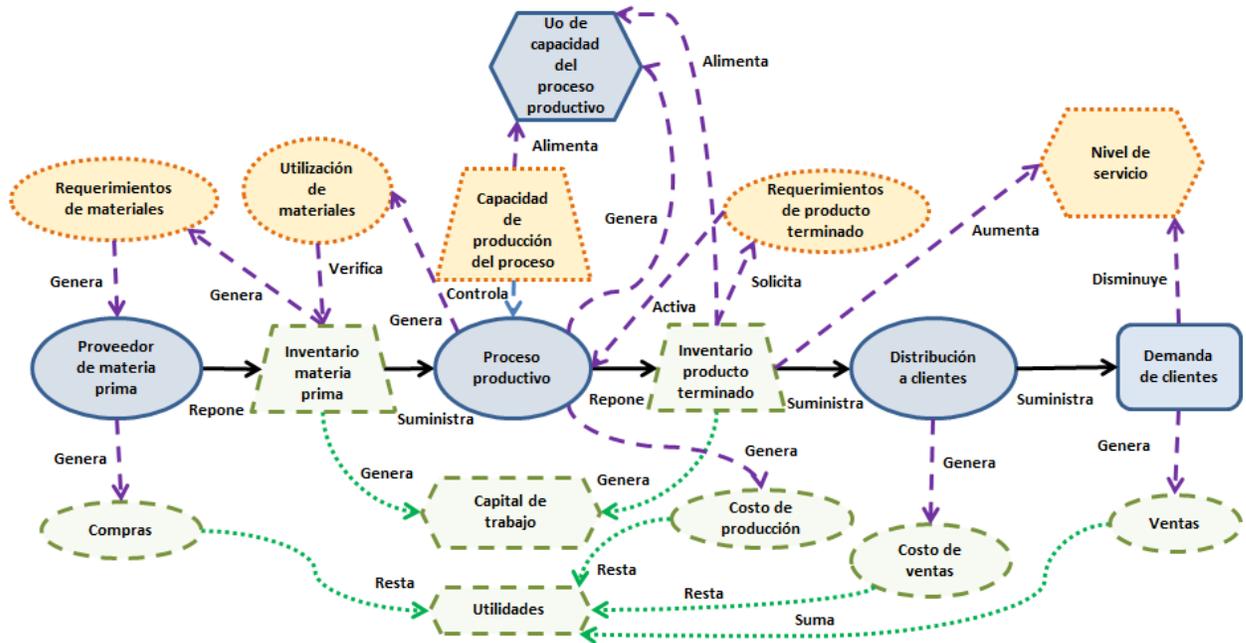


Figura 3.5. Modelo conceptual simplificado de cadena de suministro (creación propia con base en el manual de certificación de SAP *Site Integrated Planning Key User*).

La explicación detallada y lógica utilizada para la construcción de este modelo, se puede observar en el apéndice 1 de esta tesis.

Este sistema contiene la complejidad necesaria para trabajar el primer modelo de simulación piloto. Las medidas de desempeño que se desean conocer son: utilidades, capital de trabajo, nivel de servicio al cliente, uso de la capacidad de producción. Las variables que se pueden modificar para generar diferentes escenarios son: el nivel de inventario de materia prima y de producto terminado, la capacidad de producción o *throughput*⁷ el cual se puede ver afectado por faltantes de materiales o fallas en la maquinaria. El único elemento que se considera con una distribución de probabilidad es la demanda de los clientes, ya que es lo que activa a todo el sistema y es algo que no se puede predecir con total certeza, por lo tanto es en cierta forma aleatoria.

⁷ Throughput se le llama al volumen de trabajo o flujo de materiales que fluye a través de un proceso productivo.

3.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y DATOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

La recolección de datos sirve para especificar los parámetros del modelo y las distribuciones de probabilidad. En esta etapa es donde se deben estudiar los datos de los que se dispone en la realidad y compararlos contra el modelo conceptualizado, para saber si lo que hemos iniciado a construir se asemeja a la realidad. Por ejemplo, un trabajo requerido en esta etapa es la comparación del comportamiento de distribuciones de probabilidad observadas en la realidad contra alguna distribución propuesta, mediante las pruebas de Ji cuadrada o Kolmogorov Smirnov.

3.4 VALIDACIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

La validación del modelo conceptual, ayuda a asegurar que los supuestos del modelo son correctos y completos comparándolos con la realidad, evitando así lo más posible la reprogramación del modelo computacional. Generalmente la validación se puede hacer mediante:

- Comparación de los resultados con el sistema real: pruebas estadísticas;
- Casos en que no se cuenta con datos históricos o resulta difícil su adquisición, se puede hacer una consulta con expertos en el sistema;
- Método Delphi, mediante un panel de usuarios;
- Prueba de Turing;
- Conducta de casos extremos.

En el presente trabajo se decidió, hacer una consulta con expertos del sistema, debido a que no es posible tener datos de la realidad en esta etapa del proyecto. Sin embargo, para los propósitos de esta herramienta de simulación, la información recolectada de expertos y usuarios clave es suficiente para validar el modelo conceptual.

Cuando se desarrolle el modelo de simulación, en el estudio de caso de una MyPE en incubación, se requiere validar, de ser posible, con una persona que tenga experiencia en ese tipo de negocios, con el asesor de incubación y el usuario final de la empresa a incubarse.

3.5 DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CÓMPUTO

En esta etapa el modelo conceptual pasa a la programación en algún software o lenguaje de programación. Los puntos a definir en esta etapa son:

- ¿Qué técnica de simulación se utilizará?
- ¿Qué software o lenguaje de programación es el más adecuado?
- ¿Cómo se verificará si la programación proporciona resultados correctos y coherentes?

Como profundizamos en el capítulo 2, para el presente trabajo se ha decidido utilizar la simulación de dinámica de sistemas. Aunque la investigación bibliográfica recomienda hacer un híbrido entre dinámica de sistemas y eventos discretos, en esta etapa del diseño de la cadena de suministro, se

busca observar el comportamiento general del sistema, de manera estratégica y no táctica. Es en este enfoque estratégico de observación, donde la dinámica de sistemas es particularmente efectiva.

Para la modelación de la simulación dinámica del sistema programado, se decidió utilizar el *software Vensim®*, del cual ya se ha profundizado en el capítulo 2. La decisión se tomó así, debido a que es un software libre, además permite un uso amplio de elementos, herramientas de trabajo y manuales de usuario, también porque es un software muy amigable y con un adecuado espacio gráfico para construir los modelos de simulación; todo esto bajo el paradigma de la dinámica de sistemas. Como base para modelar y programar la simulación se recurrió a 4 fuentes: Cedillo (2008), García (2006), Pruyt (2013) y el manual de usuario de vensim.

En las tres primeras fuentes se recomienda que una vez hecha la conceptualización del sistema y antes de empezar a programar en algún software, se haga una traducción de la conceptualización del sistema a un diagrama de relaciones causales como se establece en la teoría de dinámica de sistemas. De acuerdo con Aracil (1995) esta teoría sobre la dinámica de sistemas fue establecida por Forrester en 1958 y lo que busca es establecer por medio de diagramas el tipo de relaciones que tienen los elementos de un sistema a lo largo de un periodo de tiempo, es decir describe las propiedades emergentes de un sistema que es dinámico y cambiante a lo largo del tiempo.

Tomando esto como base y habiendo especificado cada uno de los elementos relevantes de la cadena, es necesario estructurar y definir cada una de sus relaciones de acuerdo con la influencia que tiene un elemento sobre otro, como lo dice la teoría de dinámica de sistemas en Aracil (1995), haciendo así visible un sistema que pueda traducirse más tarde a un modelo programado. Esta fase nos permite hacer una evaluación minuciosa, sobre si se cuenta con un conocimiento adecuado de las relaciones emergentes entre los elementos. Un ejemplo de este tipo de diagramas puede ser observado en la Figura 3.6.

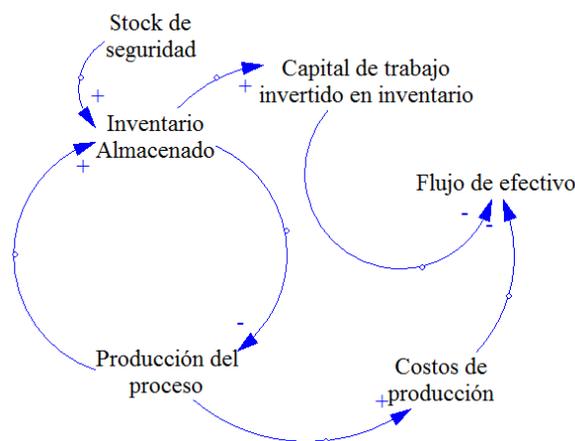


Figura 3.6. Ejemplo de diagrama de relaciones causales de DS (Creación propia con base en Aracil, 1995).

Como se puede observar en la Figura 3.6 estas relaciones se establecen mediante flechas para indicar que elemento influye sobre cual, además de colocar un signo de + o - dependiendo del tipo de influencia. En el ejemplo de la figura 3.6 podemos describir las siguientes relaciones:

- el inventario (o *stock*) de seguridad tiene una relación positiva sobre el inventario almacenado, es decir conforme mayor sea el valor del inventario de seguridad, mayor será el inventario almacenado;
- el inventario almacenado tiene una relación negativa con la producción del proceso, es decir conforme mayor sea el valor del inventario almacenado menor será el valor de producción del proceso. Esto se debe a que en este fenómeno conforme más inventario exista, menos unidades requerirán ser producidas. Sin embargo la producción del proceso también tiene una relación con el inventario almacenado positiva, con un mayor valor de producción del proceso el inventario almacenado también tendrá un mayor valor;
- la producción del proceso tiene una relación positiva con costos de producción, es decir a mayor valor en la producción mayor será el costo;
- el Inventario almacenado tiene una relación positiva con el capital de trabajo invertido en inventario, a mayor cantidad de inventario mayor será el monto monetario del capital de trabajo;
- tanto capital de trabajo invertido en inventario como costos de producción tienen una relación negativa con flujo de efectivo, es decir conforme más capital de trabajo y costos de producción existan menor será el flujo de efectivo.

De esta forma se establecieron todas las relaciones para la conceptualización del sistema general, la explicación a detalle y lógica específica sobre su construcción puede ser encontrada en el apéndice 1 de esta tesis. El diagrama de relaciones causales, de acuerdo con la teoría de la dinámica de sistemas puede ser encontrado en la Figura 3.7.

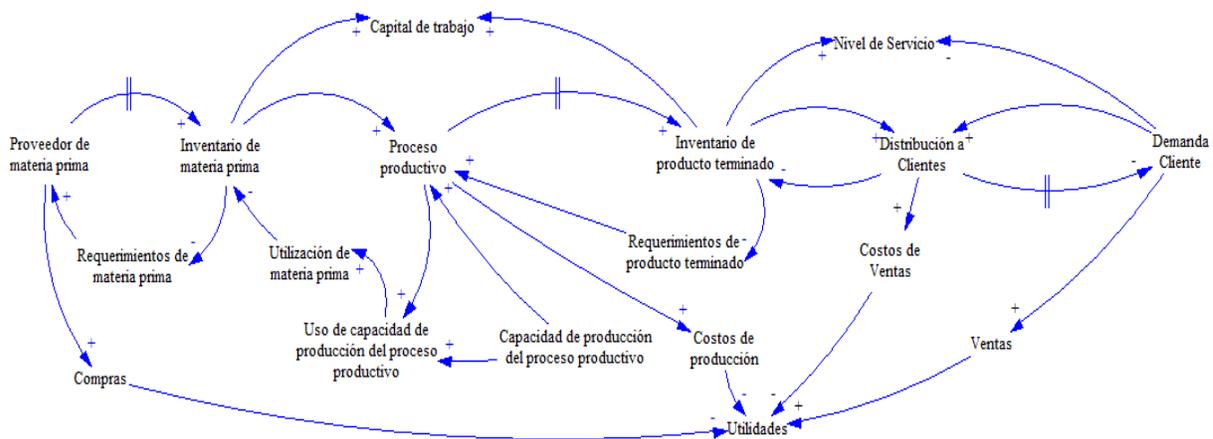


Figura 3.7. Diagrama de relaciones causales de dinámica de sistemas (creación propia).

Una vez terminado el diagrama de relaciones causales de dinámica de sistemas, Cedillo (2008), García (2006) y Pruyt (2013) sugieren iniciar la programación del modelo. En las fuentes

mencionadas se dan recomendaciones específicas sobre como programar un modelo de simulación de dinámica de sistemas en *Vensim®*, además de ejemplos para dejar dichas explicaciones mejor sentadas, además de las fuentes mencionadas, se utilizó también el manual de instrucciones para el usuario de *Vensim®*, son estas 4 fuentes las que permitieron programar exitosamente el modelo de simulación general que se muestra en la Figura 3.8.

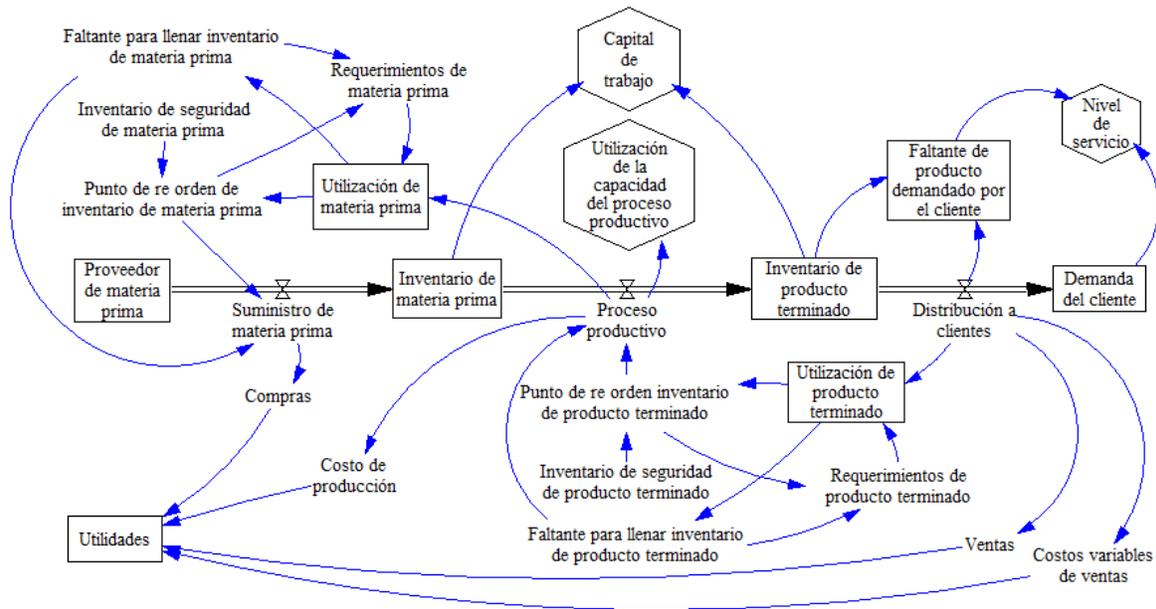


Figura 3.8. Modelo del programa de cómputo programado (creación propia).

La lógica y el detalle sobre cómo se construyó el programa de cómputo, se describen en el apéndice 1 de esta tesis.

Hasta este punto se ha construido un modelo de simulación general, el cuál debe adaptarse al caso específico que se desea analizar, en el capítulo 4 se describirá detalladamente, cómo se hizo esta adaptación a un caso específico de MyPE de base tecnológica.

3.6 APORTACIONES DE LA TESIS

Con base en lo que se ha mostrado en este capítulo, se puede hacer un análisis detallado sobre las aportaciones que dejará esta investigación. Para esto se retomará la tabla 1.6, donde se expresaban los componentes de un plan de negocios y se plantearan las aportaciones al mismo, al utilizar esta herramienta de simulación.

De manera general, se propone unificar lo esencial de los tres estudios, de manera sistémica, enfocándolo al periodo del valle de la muerte, para darle al emprendedor una visión muy clara sobre cómo operar en la puesta en marcha, evaluando a su vez escenarios del modelo de negocios, para tomar decisiones acertadas.

Componente del plan de negocios	¿Cuál es la propuesta de solución?
Estudio de Mercado	Se propone, dentro del proceso de incubación, hacer un periodo de pruebas con un producto mínimo viable, con base en el cual se puedan obtener históricos iniciales de ventas reales. Con esta información se hace un análisis estadístico de la demanda, para estimar su comportamiento en los primeros meses de operación con una distribución de probabilidad y generación de números aleatorios. Se establece si existe estacionalidad u otros fenómenos que pudieran afectar las ventas en cada mes.
Estudio Técnico	Se propone estructurar la cadena de suministro completa, se unen todos los elementos necesarios para la operación del negocio, desde los proveedores hasta los clientes, no solo se enfoca en los procesos productivos. Además se propone especificar los niveles de inventarios requeridos para responder a la demanda en diferentes meses, donde los costos operativos no son iguales, pues no se requerirá utilizar la misma capacidad de producción. Se consideran los tiempos de entrega de la materia prima, tiempos de producción de cada proceso y el flujo de información que se debe dar entre cada elemento de la cadena de suministro.
Estudio financiero	Se propone observar el lado financiero solo de las operaciones, es decir los flujos de lo que significará operar durante los primeros meses de operación, dejando de lado inversiones de maquinaria, terrenos, mobiliario. Con la propuesta se puede saber cuál es la inversión inicial necesaria para tener una operación fluida y que responda adecuadamente a la demanda, durante los primeros meses, también muestra el comportamiento de las utilidades y del capital de trabajo por mes, durante el periodo inicial de puesta en marcha, lo que les puede dar a los emprendedores una visión clara sobre el comportamiento del valle de la muerte para su negocio, si saldrán de él y cuando lo harán.

Tabla 3.1. Aportaciones de la tesis por componente del plan de negocios (creación propia).

A continuación se detalla lo que es novedoso sobre la aportación de esta tesis:

- la visión sistémica de las actividades más importantes del proceso de incubación, verlas interrelacionadas como parte de un todo, estableciendo adecuadamente sus propiedades emergentes, y fluctuaciones a través del tiempo;
- enfoque en el periodo de tiempo cuando sucede el valle de la muerte;
- enfoque en el diseño de la cadena de suministro, planeándola, evitando imponerla de forma reactiva, observando la manera en cómo operará la empresa durante la puesta en marcha;

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

- enfoque en el manejo de inventarios y la inversión requerida para operar, no solo la que se requiere para maquinaria, terrenos y mobiliario; respondiendo así a las necesidades del mercado para no perder clientes al inicio de operaciones;
- se propone una forma de obtener una demanda más realista y de proyectarla hacia el futuro con métodos estadísticos claros y probados.

Todo esto es relevante, porque de acuerdo con el *Entrepreneurship Global Monitor* (2016), la actividad emprendedora en México pasó, en unidades económicas de nueva creación, del 14.8% en 2014 al 19% en 2015, lo que indica que se está emprendiendo cada vez más. Además el cambio en las condiciones y reglas laborales, en conjunto con los cambios en hábitos y cultura sobre el trabajo de las nuevas generaciones, impulsarán aún más la actividad emprendedora. Es por esto que proporcionar herramientas que sean útiles, estructuradas, sistémicas y que utilicen adecuadamente los elementos cualitativos y cuantitativos, se vuelve importante para las instituciones de apoyo al emprendimiento.

Con el objetivo de mostrar evidencias que soporten las aportaciones arriba descritas, se realizará un estudio de caso, el cual se muestra en el capítulo 4, donde se hacen evidentes estas aportaciones en la MyPE donde se implementará la herramienta.

CAPITULO IV

4 IMPLEMENTACIÓN DE ESTUDIO DE CASO

Durante el presente capítulo, se busca describir detalladamente la última fase de la estrategia de investigación propuesta, en donde se implementará la herramienta en una MyPE, a manera de estudio de caso, para retroalimentar todos los supuestos que hasta este punto se han hecho de manera teórica, poniéndolos en práctica. Al mismo tiempo, con esto se pretende validar si la herramienta puede ser usada de manera práctica, arrojando resultados útiles para las personas que están incubando su empresa. Para lograr esto se buscó vincular la presente investigación con el sistema de incubadoras InnovaUNAM, específicamente hubo dos sedes que abrieron sus puertas para ello, InnovaUNAM facultad de ingeniería e InnovaUNAM unidad central. En ambas unidades de incubación se realizaron diversas actividades buscando la implementación de la herramienta.

4.1 JUSTIFICACIÓN DEL USO DEL ESTUDIO DE CASO

De acuerdo con Martínez (2006) el método de estudio de caso tiene la función de examinar o indagar sobre un fenómeno en su entorno real, sigue el objetivo de establecer “una estrategia de investigación dirigida a comprender las dinámicas presentes en contextos singulares” (Eisenhardt, 1989) recogiendo así evidencia ya sea cualitativa o cuantitativa, con el fin de verificar o generar una teoría. Así mismo el método de estudio de caso es una metodología rigurosa que:

- es adecuada para investigar fenómenos en los que se busca dar respuesta a cómo y por qué ocurren;
- permite estudiar los fenómenos desde múltiples perspectivas y no desde la influencia de una sola variable;
- permite explorar en forma más profunda y obtener un conocimiento más amplio sobre cada fenómeno, lo cual permite la aparición de nuevas señales sobre los temas que emergen.

El estudio de caso es de gran interés, dadas las posibilidades que presenta en la explicación de nuevos fenómenos y en la elaboración de teorías en las que los elementos de carácter intangible, tácito o dinámico juegan un papel determinante.

Dicho todo esto por Martínez (2006), en esta investigación es importante el caso de estudio para evaluar el fenómeno de incubación de una MyPE desde su contexto específico en México, y más específicamente, bajo los sistemas de incubación de la UNAM, dando como resultado un entendimiento profundo de lo que ahí sucede, buscando corroborar la practicidad de la herramienta, al mismo tiempo que se encuentran temas de interés al utilizarla, que no han sido vistos bajo los pasos anteriores de la estrategia de investigación.

4.2 APRENDIZAJES PREVIOS A LA IMPLEMENTACIÓN

Cómo parte de la implementación y de acuerdo con Hillier y Lieberman (2010), debe existir una etapa de preparación previa a la implementación. En este caso, y con el fin de realizar la implementación bajo un enfoque sistémico, la preparación para la implementación consiste en hacer un análisis del sistema donde se insertará la herramienta, para conocer los elementos clave que se deben tomar en cuenta, el ambiente, contexto y las relaciones entre todos ellos.

4.2.1 PROCESO DE INCUBACIÓN INNOVAUNAM

La implementación de la herramienta se inserta dentro del sistema de incubadoras de InnovaUNAM, por lo que es importante detallar cuál es el proceso que utilizan para transformar una idea en una empresa, este proceso se muestra en la Figura 4.1:

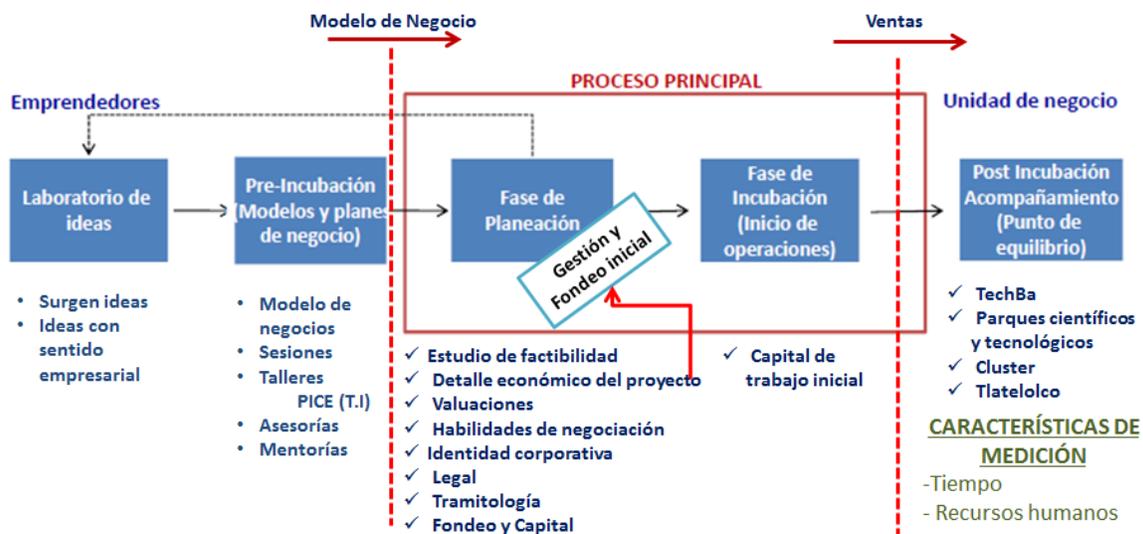


Figura 4.1. Proceso de formación de empresas InnovaUNAM (InnovaUNAM Ingeniería, 2015).

La parte del proceso donde se ubica la incubación es en el medio del proceso general, por lo que requiere tener como entrada de pre incubación, un modelo de negocios definido, arrojando como salida empresas operando y funcionales hacia el proceso de post incubación.

Dentro de este proceso general de formación de empresas, y después de analizar cómo funciona la incubación antes de la incubación, se elaboró la Figura 4.2 donde se muestra este funcionamiento. A manera de resumen, una idea llega a la incubación convertida en un modelo de negocios definido bajo la metodología de *Business Model Canvas* propuesto por Osterwalder (2010), con este modelo en mano y una proyección financiera preliminar del cómo se comportaría el negocio, se hace una presentación ante un comité compuesto por los gerentes y coordinadores del sistema de incubadoras de InnovaUNAM. Una vez aprobado el proyecto entra al proceso de incubación. El siguiente paso es hacer un diagnóstico del proyecto, donde se observan temas como: la propuesta de valor, estrategia de ventas, madurez técnica, modelo de negocios, sistema

organizacional y temas legales. Una vez elaborado el diagnóstico se detectan los puntos fuertes y las áreas de oportunidad del proyecto, vistos como un proceso de madurez de la futura empresa, con esta información se establezca un plan de trabajo, el cuál es convenido tanto por el emprendedor como por la incubadora, para llevar al proyecto de un modelo de negocios a una empresa funcional.

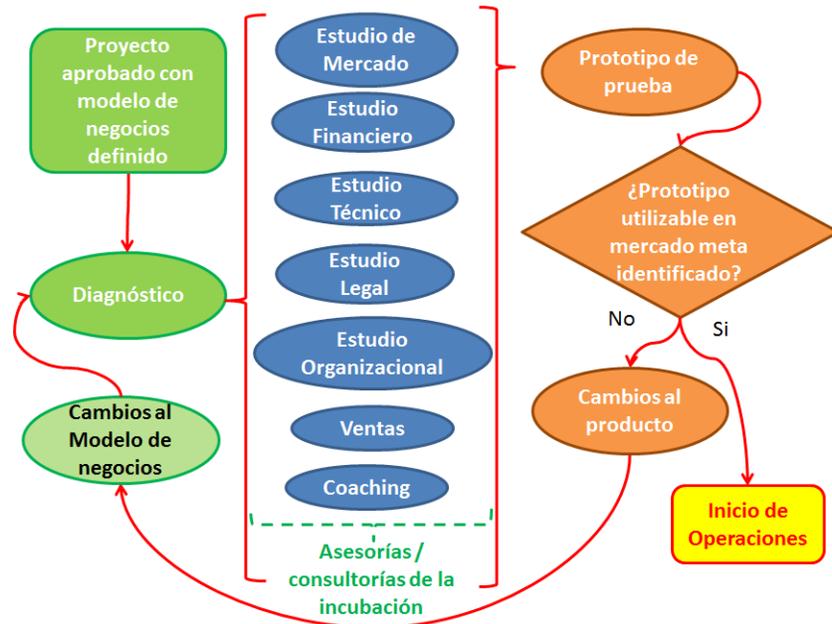


Figura 4.2.- Proceso general de incubación InnovaUNAM (Creación propia).

Dentro del plan de trabajo se establecen consultoría y asesorías, con personal externo a la incubadora que fungen como aliados de la misma, enfocándose en los siguientes campos: Estudio de mercado, estudio financiero, estudio técnico, estudio legal, estudio organizacional, ventas y *coaching*⁸. Una vez hechas estas consultorías, el resultado es una carpeta del proyecto con todo el análisis requerido para la operación del negocio, por lo que el paso siguiente es buscar financiamiento para elaborar un prototipo de prueba del producto que se comercializará, cuando se tiene este prototipo se busca colocarlo en el mercado definido en el análisis del estudio de mercado para corroborar que se puede vender de esa manera. Aquí se pueden presentar dos escenarios, el primero es que el mercado reciba el producto de buena manera y ahí inician las ventas y operación constante de la empresa, con lo que el proyecto se puede convertir en una empresa funcional; el segundo escenario sucede cuando el mercado no recibe el producto con las características que se han establecido hasta ese momento, si esto sucede el proyecto debe regresarse al inicio del proceso de incubación, realizando cambios al modelo de negocios, para volver a un diagnóstico y repetir todo el proceso. En el segundo escenario existe el riesgo de que el dinero de incubación dado al proyecto para pagar consultorías y asesorías, no sea suficiente para

⁸ Coaching: es un método que consiste en acompañar, instruir y entrenar a una persona o a un grupo de ellas, con el objetivo de conseguir cumplir metas o desarrollar habilidades específicas.

hacer una segunda ronda de análisis, por lo que el proyecto podría no tomar la madurez requerida para convertirse en una empresa funcional.

4.2.2 APRENDIZAJES DE LOS INTENTOS DE IMPLEMENTACIÓN FALLIDOS

Es normal que en las investigaciones donde se propone utilizar metodologías ya existentes en contextos en los que nunca se ha usado, existan condiciones que no han sido observadas previas a la implementación, es por eso también que se decidió ejecutar un estudio de caso para esta investigación. Con esto dicho, se tuvieron dos intentos en proyectos de incubación donde no se pudo concretar la implementación de la herramienta.

En el primer intento se buscó un proyecto que ya estuviera por salir de incubación, por lo que ya incluso tenía ventas y operación constante, solo faltaban detalles para terminar su incubación, sin embargo al momento de querer implementar la herramienta, se observó que cualquier recomendación que se les pudiera dar ya no era posible hacer modificaciones a la cadena de suministro. Por ejemplo, si se le recomendaba que cambiara a otro tipo de proveedores, ya no podrían hacerlo por qué tenían contratos ya establecidos que debían cumplir, o si en la herramienta se debían modificar niveles de inventarios, estos ya habían sido comprados sin poder evitar el costo de hacer compras excesivas en el mismo. Con todo esto se entendió que el establecimiento de la cadena de suministro es un proceso irreversible, que solo puede ser modificado invirtiendo un largo periodo de tiempo y grandes cantidades de dinero. Todo esto no sería factible para esta investigación, debido a las limitantes en tiempo para hacer el caso de estudio, el cuál era de máximo un año, siendo posibles las modificaciones propuestas en la cadena de suministro para esta empresa en un lapso mínimo de 2 años. El aprendizaje aquí fue que el diseño de la cadena de suministro debía darse en una etapa más temprana de la incubación, no cuando ya están saliendo de la misma.

En el segundo intento se buscó un proyecto que ya tuviera hechos por lo menos el estudio de mercado y estudio técnico, sin tener ya funcionando la empresa de manera formal, con esto se inició la implementación de la herramienta. Al momento de modelar su cadena de suministro, se observó que para poder proponer distribuciones de probabilidad el componente de la demanda, hacían falta históricos de venta, se sugirió que se elaborará un prototipo al estilo de producto mínimo viable como lo indica Ries (2011), esto es un producto que contenga a la propuesta de valor, sin ser necesariamente el producto final, con todas las características que rodean a la propuesta de valor. Al ejecutar esto el emprendedor se dio cuenta que el mercado no recibió adecuadamente su producto, por lo que requirió hacer modificaciones a su modelo de negocios, lo cual reiniciaba su proceso de incubación casi completamente y lo convertía en un proyecto sin la madurez requerida para la implementación de la herramienta. Como se puede observar, esto no era fácil de detectar en un inicio, por qué en apariencia el proyecto cumplía con los requerimientos de madurez, sin embargo al someterlo al escrutinio de la conceptualización del modelo de su cadena de suministro, se requirió el producto mínimo viable y esto llevó a probar si el mercado lo recibiría, de una manera más ágil al que propone el proceso de incubación tradicional.

4.2.3 PREPARACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Después de haber ejecutado los dos intentos fallidos de implementación, se pudieron obtener los siguientes aprendizajes acerca del tipo de proyecto y los requerimientos del mismo, para poder implementar la herramienta de simulación:

- debe ser un proyecto en la etapa de incubación;
- debe ser un proyecto que aún no esté operando de manera constante, dónde aún se estén realizando actividades de planeación sobre lo que será su futura operación;
- debe ser un proyecto que haya hecho su prototipo o producto mínimo viable;
- debe ser un proyecto que haya probado ventas en su mercado objetivo con el prototipo o producto mínimo viable;
- debe ser un proyecto que tenga realizado su estudio de mercado y estudio técnico.

Con estos aprendizajes, se investigó sobre propuestas existentes en materia de emprendimiento, para agilizar la prueba de prototipos en el mercado objetivo, encontrándose dos: *Lean Start Up* y *Design Thinking*. En la Figura 4.3 se esquematiza de manera general la propuesta de *Lean Start Up* y en la Figura 4.4 la de *Design Thinking*, en ambas imágenes se ha resaltado con líneas punteadas la parte donde se sugiere prototipar y probar en el mercado objetivo para tener una retroalimentación temprana de tu modelo de negocios, antes de elaborar los estudios y consultorías de la incubación.

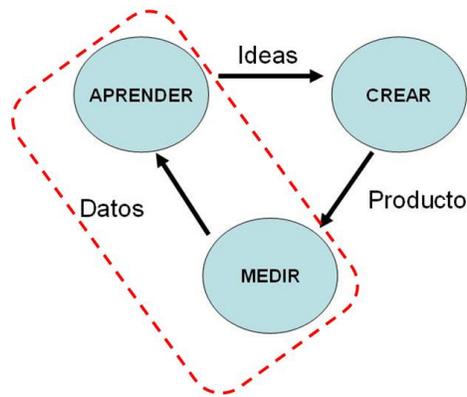


Figura 4.3. Esquema general de la metodología *Lean Start Up* (Ries, 2011).

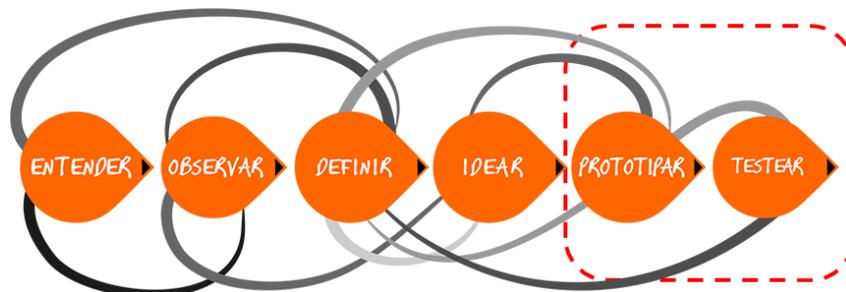


Figura 4.4. Esquema general de la metodología *Design Thinking* (Brown, 2009).

Con todo esto en mente y como parte de las aportaciones de la presente investigación, se sugiere agregar algunos elementos al proceso de incubación descrito en la Figura 4.2, donde se aplique la herramienta de diseño de cadenas de suministro propuesta, además de un prototipado y pruebas tempranas en el mercado, como lo indican *Lean Start Up* y *Design Thinking*, evitando así hacer un re trabajo en las consultorías y asesorías en caso de que el mercado objetivo no reciba el producto como se tiene planteado teóricamente. Esta propuesta se encuentra en la Figura 4.5.

Lo que se establece en esta propuesta, en comparación con el proceso actual, son dos modificaciones sustanciales. La primera es que después de haberse hecho el diagnóstico inicial, se ejecute a la brevedad un prototipo de prueba o producto mínimo viable, se pruebe este prototipo en el mercado que se definió como objetivo en el modelo de negocios y se hagan las iteraciones necesarias en este ciclo de etapa temprana de la incubación, haciendo las modificaciones necesarias en el modelo de negocios, hasta que el prototipo sea aceptado en un mercado objetivo o se decida no continuar con el proyecto de incubación.

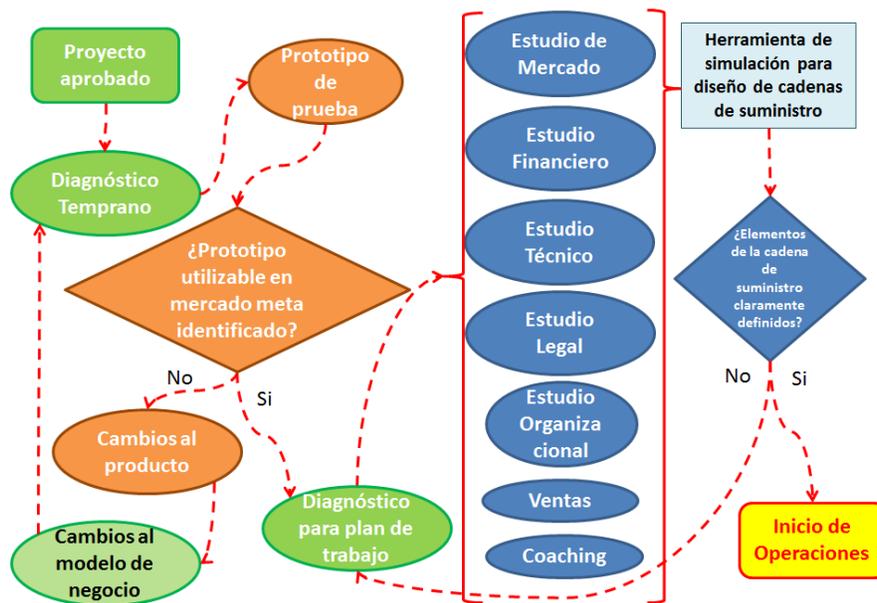


Figura 4.5. Propuesta de proceso de incubación con la implementación de la herramienta (Creación propia).

Una vez verificado que el prototipo puede ser insertado en el mercado objetivo, se propone la elaboración de un segundo diagnóstico, con el fin de establecer el plan de trabajo de la incubación, pero esta vez sería sobre un modelo de negocios ya probado en el mercado objetivo, con lo que la tasa de falla del proyecto se reduce. Después del segundo diagnóstico se elaboran las consultorías y asesorías de la misma forma que las establecidas en el proceso anterior. Una vez terminada esta etapa, se propone incorporar la herramienta de simulación para el diseño de cadenas de suministro, la cual tiene tres funciones en esta etapa de la incubación:

- 1) Verificar que toda la información y análisis que se hizo durante las consultorías y asesorías, sea coherente y funcione, esto se puede lograr al momento de conceptualizar la cadena de suministro, lo que genera un modelo del sistema total de la empresa y de cómo esta

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

operaría, estableciendo la relación entre todos los elementos, que en la etapa anterior se han analizado de manera separada.

- 2) Verificar que todos los elementos requeridos para la operación han sido analizados durante las consultorías y asesorías, esto se logra al momento de definir todos los elementos que conforman a la cadena de suministro, buscando establecer sus valores cuantitativos y cualitativos requeridos para que la simulación funcione.
- 3) Evaluar escenarios de negocio, para tomar decisiones sobre cómo operar la empresa al iniciar operaciones, todo esto aun dentro de la etapa de planeación de la empresa.

Si el proyecto resulta ser exitoso en los puntos mencionados anteriormente, se garantiza una tasa de supervivencia mayor, ya que se asegura que el emprendedor ha definido, planeado y observado, todo su sistema de operaciones, visto desde la cadena de suministro, por lo que difícilmente saldrán sorpresas al momento de iniciar operaciones, lo que le permitirá no incurrir en costos por la falta de previsión.

Para el tercer intento de implementación, se acordó con la incubadora InnovaUNAM unidad central, que una de sus empresas que iniciaba incubación llevase este nuevo proceso propuesto, para que una vez concluida su etapa de consultorías y asesorías se pudiese implementar la herramienta de diseño de cadenas de suministro. Este tercer intento fue exitoso y es el que se describirá en los siguientes apartados como el estudio de caso para esta investigación.

4.2.4 PROCESO DE INTERVENCIÓN PARA EL DISEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Otro de los aprendizajes que dejaron los dos intentos fallidos de implementación fue que para poder ejecutar la herramienta propuesta en esta investigación, se requiere que vaya acompañada por un proceso de intervención adecuado, donde se pueda trabajar de forma coordinada con los emprendedores que llevan el proyecto de una futura empresa y la incubadora como organización que controla las actividades que permitirán al proyecto convertirse en una empresa funcional. Con esto en mente se sugirió que la herramienta de diseño de cadenas de suministro se implementara a manera de consultoría, bajo los mismos lineamientos con los que se hace la consultoría de estudio técnico, con la única diferencia de que para implementar la herramienta se requería que el proyecto ya hubiese pasado por toda su etapa de consultorías y asesorías (estudio de mercado, estudio organizacional, etc).

Una vez definidos los lineamientos y políticas bajo los que se tendría que someter la intervención, se especificó un plan de trabajo de la consultoría. En la primera etapa se busca definir la conceptualización del sistema de la cadena de suministro a manera de estado deseado del sistema, está definición la tomamos de la metodología de sistemas suaves de Checkland, que se enuncia en Jackson (2002). Establecer el estado deseado del sistema consiste en pensar más adelante en el tiempo, definiendo los elementos, sus características y relaciones con el ambiente y contexto, que permitan la operación y funcionalidad de dicho sistema en el futuro, que en nuestro caso es la cadena de suministro. Con esto podemos plantear una conceptualización del sistema que combine lo planteado por *SAP Key User Certification*, y mostrada en la Figura 3.5 en el capítulo

3 estrategia de investigación, con el contexto del proyecto empresarial específico para este estudio de caso.

Teniendo esto como marco de referencia, se establecieron juntas semanales de 3 horas con los emprendedores y el coordinador del proceso de incubación del proyecto, se definió un plan con los temas que se verían en cada sesión, dividiéndolos de la siguiente forma:

- 1) Sesión 1: Introducción al proyecto de incubación, evaluación de la situación actual, contexto y ambiente de negocios,
- 2) Sesión 2: Establecimiento de expectativas, necesidades del proyecto y objetivos de la consultoría.
- 3) Sesión 3: Despiece del producto terminado (*Bill of materials*).
- 4) Sesión 4: Despiece del producto terminado (*Bill of materials*).
- 5) Sesión 5: Definición de proveedores y costos de materias primas.
- 6) Sesión 6: Definición de proveedores y costos de materias primas.
- 7) Sesión 7: Definición de capacidad de proveedores y tiempos de entrega de materia prima.
- 8) Sesión 8: Definición de capacidad de proveedores y tiempos de entrega de materia prima.
- 9) Sesión 9: Definición del proceso productivo y capacidad de producción.
- 10) Sesión 10: Definición del proceso productivo y capacidad de producción.
- 11) Sesión 11: Definición de almacenes, capacidades y manejo del material.
- 12) Sesión 12: Definición de necesidad de inventarios y sistema de manejo de inventarios.
- 13) Sesión 13: Ventas, demanda, tiempos de entrega del producto terminado y nivel de servicio comprometido con los clientes
- 14) Sesión 14: Revisión del modelo conceptual de la cadena de suministro.
- 15) Sesión 15: Revisión del modelo de simulación programado.
- 16) Sesión 16: Evaluación de escenarios y recomendaciones derivados del análisis de la herramienta.

Como se puede observar, la intervención se planeó para ejecutarse en un lapso de 16 sesiones, dividiendo los temas de revisión para conceptualizar el sistema, acorde a cada uno de los componentes de la cadena de suministro: Proveedores, almacenes, proceso productivo, sistema de manejo de inventarios, demanda de ventas, relaciones con los clientes.

Para la ejecución de esta primera etapa se desarrolló un *checklist*, el cual se puede revisar en el anexo 2 de este documento, basado en la conceptualización del sistema abstraída del *SAP Key User Certification*, este *checklist* sirvió como base para guiar las consultorías hacia la información que se requería de la cadena de suministro, apoyando a los emprendedores a establecer los elementos del sistema y sus valores cuantitativos.

Además de las sesiones mencionadas arriba, la intervención contempló un mes entre la sesión 13 y 14 con el objetivo de generar datos que no se tenían mediante la elaboración de experimentos, directo en las instalaciones de la MyPE, así como otro mes entre la sesión 14 y la 15, para el desarrollo del modelo programado de simulación, hecho por el consultor y validado con los emprendedores en la sesión 15. Cabe mencionar que entre cada una de las sesiones, en el lapso

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

de una semana, los emprendedores y el consultor debían dedicar tiempo a analizar información más detallada de la cadena de suministro que se buscaba conceptualizar, por lo que no se recomienda para futuras intervenciones de este tipo, que las sesiones se hagan diariamente. En total el proceso de intervención duró 6 meses.

Además se tuvo la oportunidad, una vez terminado el trabajo del diseño de la cadena de suministro, de hacer un trabajo de implementación de la cadena y puesta en marcha de las operaciones de la empresa, lo cual se realizó en los 6 meses posteriores a la intervención detallada arriba. Los por menores de la puesta en marcha de la cadena de suministro no serán tratados en esta tesis ya que se trata de un tema aparte, sin embargo algunos datos resultantes de esa actividad serán de apoyo en los últimos apartados de este capítulo donde se mencionarán los aprendizajes obtenidos al poner en marcha la cadena de suministro que se diseñó con anterioridad. En total el proceso de diseño y puesta en marcha de la cadena de suministro en la MyPE seleccionada para el estudio de caso, fue de 1 año.

4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN PARA DISEÑO DE CADENAS DE SUMINISTRO

Una vez establecido el proceso de intervención bajo la que se implementó, fue importante seguir dentro de dicho proceso, los pasos de la metodología de la simulación descritos en el capítulo 3. A continuación se describirán los hallazgos de la implementación en el estudio de caso por cada uno de los pasos de la metodología de la simulación.

Dentro de la vinculación con InnovaUNAM, y por tratarse de una empresa de base tecnológica que conlleva protección intelectual dentro de su propuesta de valor, se firmó un acuerdo de confidencialidad, donde se establece que no se puede revelar contenido sensible que arriesgara la propiedad intelectual del proyecto, por ese motivo algunos de los datos fueron modificados, sin embargo el análisis y los resultados finales de la implementación, son los mismos, sin embargo los nombres de proveedores, procesos, materias primas e incluso el nombre del proyecto empresarial no se mencionará en el presente documento. Además el objetivo de elaborar el caso de estudio es definir la manera de implementar y reaplicar la investigación, demostrando al mismo tiempo su usabilidad en la realidad.

4.3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En las primeras dos sesiones se identificó la problemática que se resolvería mediante la implementación de la herramienta. Se revisó el modelo de negocios de la empresa y se definió en conjunto con los emprendedores, cuáles serían los escenarios de interés para simular, los resultados que ellos estaban esperando del análisis y cómo estos resultados les ayudarían.

Para el caso de estudio donde se decidió trabajar, su principal interés fue el de evaluar dos posibles escenarios que repercutían directamente sobre su forma de operar en el futuro, el primero fue si debían enfocar sus esfuerzos en vender su producto a un mercado de minoristas, el segundo si debían cambiar su estrategia hacia un mercado de mayoristas, por supuesto esto

cambiaba radicalmente el análisis previo a su inicio de operaciones y la planeación de su cadena de suministro. El objetivo definido para la implementación fue evaluar las utilidades y el dinero requerido para mantener los niveles de inventario en una cadena de suministro sostenible (sin cortes), en un periodo de 30 meses, siendo cada mes una corrida del modelo de simulación. Los 30 meses fueron definidos ya que el valle de la muerte de MyPEs en México dura aproximadamente 2 años (24 meses) y se buscó observar el comportamiento 6 meses después de terminado el periodo del valle de la muerte para definir tendencias. Al final todo esto les ayudaría a ellos para definir cuál sería la mejor manera de operar en cuanto a sus canales de distribución y ventas, planeando así todos sus esfuerzos hacia ese modelo de negocios.

4.3.2 CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA

De esta forma para la conceptualización del sistema se requirió hacer dos sistemas, uno para las ventas a minoristas, el cual se puede observar en la Figura 4.6 y otro para las ventas a mayoristas, el cual se puede observar en la Figura 4.7. La explicación de la lógica seguida para la construcción de la conceptualización del sistema, puede observarse en el apéndice 1, al final de la tesis. Estas conceptualizaciones se elaboraron tomando como base la conceptualización hecha en la Figura 3.5.

La conceptualización de estos sistemas permite desglosar toda la cadena de suministro de la MyPE y detallar los elementos específicos que influyen en la operación del negocio, así como sus relaciones particulares, uno por uno. Con el objetivo de diferenciar visualmente los diversos elementos y sus relaciones, se decidió establecer las acotaciones mostradas en la Figura 3.1 y que fueron explicadas a detalle en el capítulo 3.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

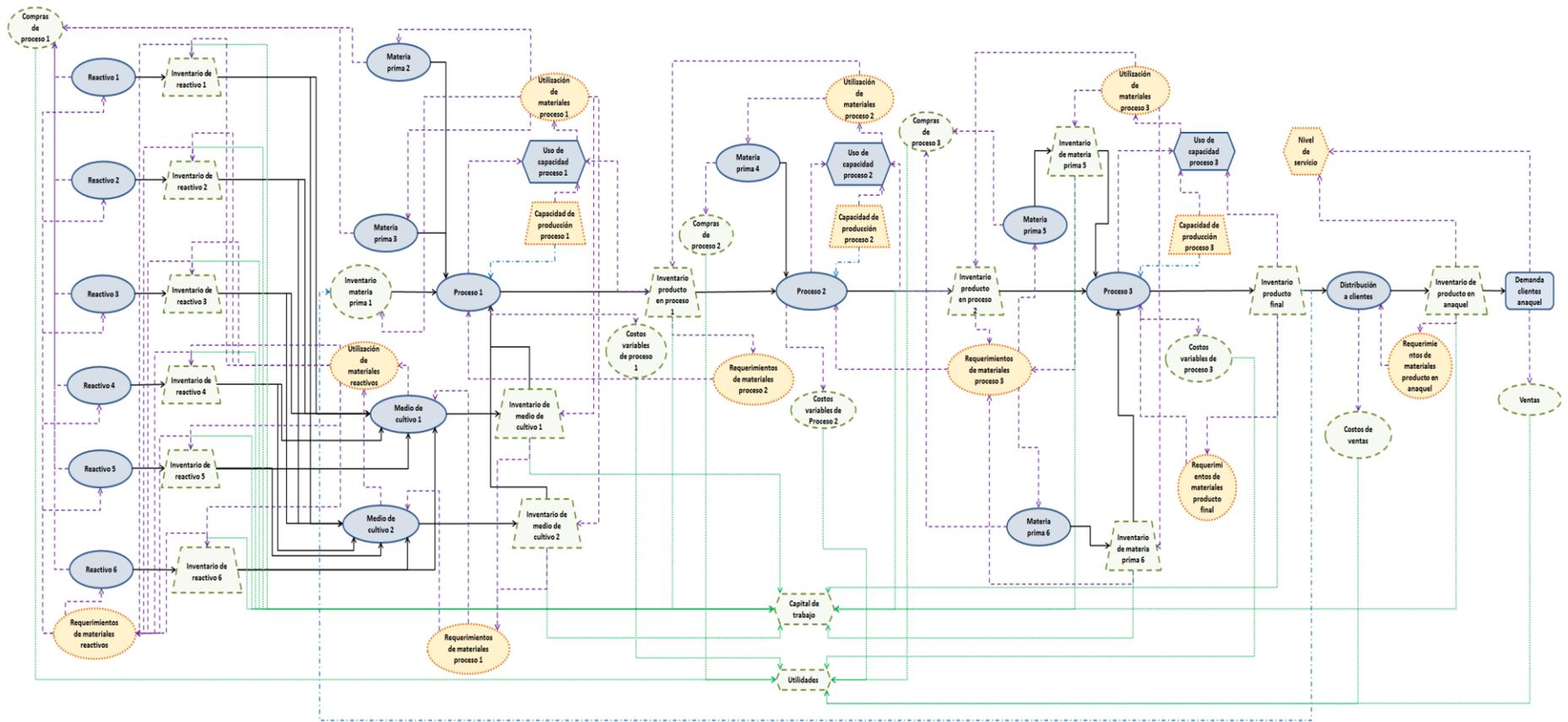


Figura 4.6. Modelo conceptual de cadena de suministro de minoristas (Creación propia).

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

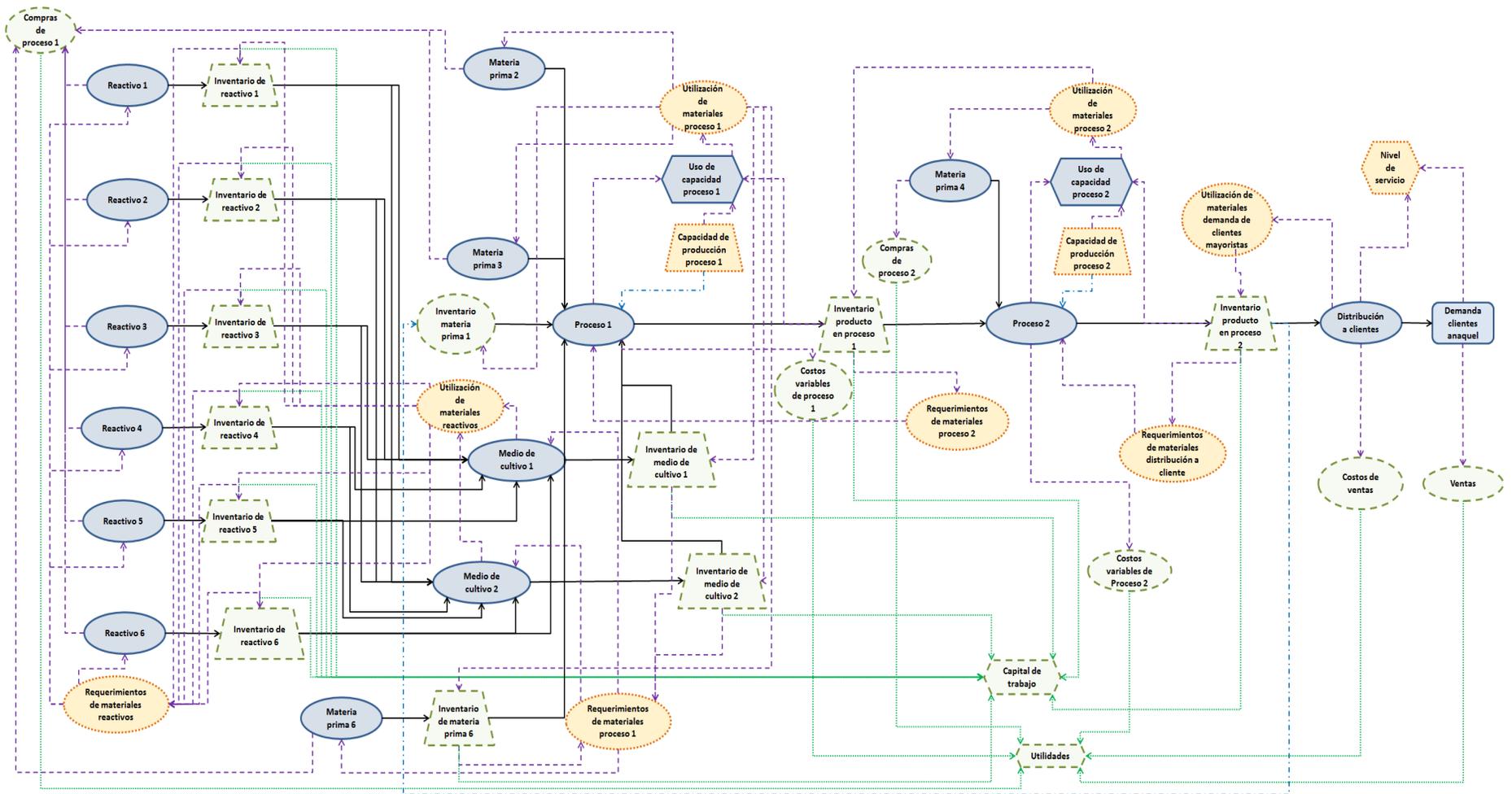


Figura 4.7. Modelo conceptual de la cadena de suministro de mayoristas (Creación propia).

Explicando de manera breve cómo se estructuró la conceptualización del sistema, las Figuras 4.6 y 4.7, se leen de izquierda a derecha, se tienen 3 procesos principales en el escenario de ventas a minoristas y se tienen 2 procesos en el escenario de ventas a mayoristas, en el escenario de mayoristas se tiene una cadena de suministro más corta, ya que se puede eliminar el “proceso 3” y todos los elementos relacionados con el mismo, para pasar del “proceso 2” a los procesos de ventas directamente.

Al iniciar el sistema, a la izquierda, podemos observar las diferentes materias primas, las cuales pasan a un elemento de inventario, en caso de que hayan sido definidas como críticas o sus tiempos de transporte puedan presentar rupturas en la cadena de suministro, o a un elemento operativo en caso de que puedan moverse de manera inmediata. Así las materias primas iniciales llamados “reactivos” y “medios de cultivo” son críticos, debido a que sus tiempos de transporte podrían ocasionar una ruptura en la cadena de suministro, por lo tanto se requiere tener inventarios de las mismas. La “materia prima 1” se mueve similar a la lógica del producto terminado, es decir es un proceso cíclico donde el producto terminado se convierte en la “materia prima 1”. Es por esto que solo hemos colocado como parámetro el “inventario de la materia prima 1”, el cual tendrá el mismo valor que el “inventario de producto final” siempre, por este motivo estos dos elementos se relacionan con una flecha de: “inventario de producto final” controla a “inventario de materia prima 1”.

Así tenemos que las “materias primas 1, 2 y 3”, además de los “reactivos” y “medios de cultivo” entran en el “proceso 1”. Cada vez que el “proceso 1” solicita materias primas, estarán registrando un costo el cuál se va contabilizando en el elemento financiero “compras”, al mismo tiempo cada vez que se ejecuta el “proceso 1” genera información de “uso de capacidad proceso 1” elemento que es considerado como una medida de desempeño, estando a su vez el elemento de “proceso 1” controlado por el elemento de “capacidad de producción proceso 1”. Esta misma lógica se repite para cada uno de los procesos.

Cada uno de los elementos financieros, que son inventarios genera información sobre “utilización de materiales”, información con la cual se detonan los nuevos pedidos que repondrán los niveles de inventarios de seguridad. Al final el “proceso 1” genera un inventario de “producto en proceso 1”, del cual se abastece el “proceso 2”, para enviar material del “proceso 1” a su respectivo inventario, existe un tiempo de espera el cuál será definido en la etapa de generación de datos. Por último cada vez que el “proceso 1” se ejecuta y dependiendo del número de productos transformados, genera un costo asociado con el proceso, el cual se refleja en el elemento financiero “costos variables de proceso 1”.

Con esta misma lógica el “proceso 2” absorbe material del “inventario de producto en proceso 1” y de otras materias primas, generando los movimientos en la cadena de suministro con la misma lógica que el “proceso 1”. Lo mismo ocurre para el “proceso 3” en el caso del escenario de venta a minoristas, en el caso de mayoristas el “proceso 3” no existe.

En la parte final, cada escenario se maneja diferente. Para el escenario de venta a minoristas, se tiene un inventario de producto final después del “proceso 3”, este “inventario de producto final” pasa a otro “inventario de producto en anaquel” mediante un “proceso de distribución”, el cual impacta en “costos de ventas” y en tiempos de entrega cada vez que se detona. Esto sucede cuando ya se ha realizado la venta a consignación con el cliente, esto quiere decir que la empresa deja el producto en esos anaqueles, pero el cliente solo paga por los que venda al usuario final, es por esto que la MyPE debe monitorear también este inventario aunque se encuentre en control del cliente. Además en el elemento de “inventario de producto en anaquel”, existe una relación con el elemento “nivel de servicio”, el cual es otra medida de desempeño, ya que es aquí donde podemos corroborar si existen faltantes en el “inventario del cliente” en algún punto del tiempo, es este criterio sobre el “nivel de servicio” lo que definirá que tan altos se requieren los niveles de inventario de seguridad en toda la cadena.

Al final tenemos una distribución de probabilidad que establece cómo se comportará la “demanda de producto” por parte de los clientes, es este elemento el que jala a toda la cadena de suministro y genera la información de ventas reales, esta información es recopilada por el elemento financiero “ventas” y enviada otra medida de desempeño en el elemento financiero “utilidades”, donde también es enviada toda la información de “compras de materia prima” y de “costos variables de los procesos”, es en este elemento de “utilidades” donde se concentra toda la información financiera de ventas versus costos para arrojar un valor definitivo de la rentabilidad de la cadena de suministro. La última medida de desempeño que hace falta mencionar es la de “capital de trabajo”, en este elemento financiero se estará haciendo el conteo del costo del inventario total de la cadena en cada ciclo del tiempo, se medirá en dinero el inventario de materia prima, de producto en proceso y de producto final hasta al cliente.

Para el escenario de venta a mayoristas, la estructura de la cadena de suministro del lado de ventas es diferente, después del “proceso 2” se obtiene un “inventario de producto en proceso 2”, el cuál para este escenario es el producto final. Se decidió no cambiarle el nombre a producto final por que no es el mismo producto que se maneja en el escenario de venta a minoristas y podría generar confusión. Desde el “inventario de producto en proceso 2” se pasa directamente a la venta con el cliente, la cual es identificada en la distribución de probabilidad de la “demanda de clientes mayoristas”. Aquí no se tiene un esquema de ventas a consignación, en este escenario se planea una venta directa al cliente, esto trae como consecuencia que no se deba tener el cuidado de inventario bajo el control del cliente. Los demás elementos relacionados con esta parte del proceso para ventas a mayoristas siguen la misma lógica que la de ventas a minoristas.

Al hacer la conceptualización de la cadena de suministro se pudo observar que los emprendedores no tenían mucha idea, al inicio, de lo que significaba producir de una manera estructurada, de hecho se requirió de una gran cantidad de tiempo para guiarlos en la generación de esta estructura, con lo cual quedaron muy satisfechos al definirla, ya que les permitió tomar decisiones de manera muy rápida, sobre la adquisición de infraestructura y estrategias de venta.

Como aprendizajes específicos al hacer la conceptualización del sistema obtuvimos los siguientes:

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

- se definieron todos los elementos individuales que componen a la cadena de suministro en ambos escenarios;
- se categorizó cada uno de esos elementos primero en el tipo de elemento que es (operativo, de información o financiero) y en segundo lugar cómo sería la naturaleza del elemento (parámetro, variable, medida de desempeño o distribución de probabilidad), así como los valores que arrojaría cada elemento, esta parte será mostrada en el apartado de generación de datos;
- se definieron todas las relaciones entre dichos elemento categorizándolos en movimiento de material físico, movimiento de información, movimiento de dinero o relación de control de un elemento a otro;
- se definieron cuáles son los elementos que necesitan tener inventario;
- se definió qué tipo de información se requiere conocer sobre la cadena de suministro para estructurarla adecuadamente;
- se descubrió que en el escenario de venta a mayoristas se puede eliminar por completo el proceso 3;
- se descubrió que se está trabajando con un proceso cíclico, donde la materia prima 1 es igual al producto terminado en el caso del escenario de venta a minoristas, y es igual al producto en proceso 2 para el escenario de venta a mayoristas;
- se identificó que el manejo de los reactivos es crítico, ya que son los que tienen mayor tiempo de entrega o de transporte, por lo que serían los más susceptibles de generar cortes en la cadena de suministro.

4.3.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y GENERACIÓN DE DATOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

Al iniciar la generación de datos para cada uno de los elementos del modelo conceptual, durante la ejecución del proceso de intervención, se han generado aprendizajes muy interesantes, los cuales se detallan a continuación:

- el primero de ellos es que los emprendedores tenían una idea muy vaga sobre valores cuantitativos de cada uno de los elementos de parámetros y variables descritos en el modelo conceptual;
- e del tiempo del proceso de intervención fue invertido en esta etapa;
- el proceso de cuantificación de cada uno de los elementos de parámetros y variables del modelo conceptual de su cadena de suministro, generó en sí mismo un aprendizaje muy importante para el proceso de incubación de la MyPE, más específicamente para la etapa del estudio técnico dentro del plan de negocios;
- para definir los valores cuantitativos el consultor requirió profundizar en el proceso operativo de la MyPE, no solo mediante sesiones de discusión y juntas, además de esto requirió visitar las instalaciones, hacer investigación detallada sobre los procesos productivos y estructurarlos de una manera coherente y funcional;

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

- al hacer el primer barrido de elementos, con el objetivo de buscar cuantificarlos, quedaron elementos con datos supuestos, ya que no se sabía con certeza cuál podría ser su valor cuantitativo, para tener mayor certeza sobre estos elementos se decidió hacer pequeños experimentos que nos dieran mayor certidumbre de ellos, más adelante cuando se muestren los valores cuantitativos se mencionará cuáles de esos datos se obtuvieron mediante algún experimento. Por motivos de confidencialidad con la MyPE no se podrá detallar en que consistió cada experimento, sin embargo se puede decir que fueron enfocados en ejecutar partes del proceso bajo un protocolo estricto, donde se tomarían mediciones y se obtendrían resultados a partir de dichas mediciones;
- la cuantificación de la distribución de probabilidad de la demanda, tuvo un tratamiento diferente al de los demás elementos, además de experimentación se utilizaron datos históricos y se estableció todo un método para generar estos datos, los cuales serán explicados más adelante por separado de los demás elementos.

En el anexo 3 de esta tesis se detalla la cuantificación de todos los elementos definidos en la conceptualización del modelo para el escenario minorista y mayorista, a excepción de la distribución de la demanda para ambos escenarios, este elemento lo trataremos a continuación.

Para el caso de la definición de la distribución de probabilidad del elemento de demanda de clientes se utilizó un tratamiento diferente. La importancia de definir bien la demanda del cliente mediante la distribución de probabilidad que más se acerque con la realidad en el futuro, es por qué esto permitirá una planeación sobre la cadena de suministro más acertada y eficiente, reduciendo los tiempos de respuesta y logrando los costos adecuados para la operación de la misma, que permitan su operación constante sin cortes ni faltantes.

Murty (2006) sugiere que para estimar la demanda en una cadena de suministro se pueden utilizar métodos paramétricos como Box Jenkins y ARIMA, en el caso de que la distribución que sigue la demanda sea normal. Menciona además que la mayoría de los estimadores de la demanda asumen que esta seguirá una distribución normal debido a su conveniencia al tener solo dos parámetros: la media y la desviación estándar, pudiendo ser ambos fácilmente retroalimentados al tener un crecimiento exponencial o al utilizar el método de medias móviles para estimarlos en diferentes periodos del tiempo. Sin embargo debido a la complejidad que cada vez más se presenta en las cadenas de suministro, y más en las que no existe una relativa estabilidad, se sugiere utilizar otro tipo de distribución, siendo estos casos más reducidos que los que utilizan una distribución normal. Es por esto que Murty recomienda seguir los siguientes pasos para estimar la demanda: obtener datos históricos representativos, verificar que la demanda a estimar es normal o no mediante una prueba de normalidad, en caso de que sea normal utilizar algún método paramétrico para estimarla (medias móviles, Box Jenkins, ARIMA) en caso de que no sea normal obtener la distribución de probabilidad a la que mejor se ajustan los datos mediante pruebas de bondad de ajustes y utilizarla para correr números aleatorios que representarían la futura demanda.

Para empezar se deben obtener datos históricos de la demanda, bajo condiciones y contextos similares a los que se operará en el futuro. Para nuestro caso el número de datos está restringido a la capacidad que haya tenido la empresa para vender hasta este momento su prototipo o producto mínimo viable, como lo explicamos en la sección 4.2.3. Para este caso de estudio se tuvo un periodo de ventas de prueba durante 12 meses a 5 clientes, a la par que llevaban su proceso de incubación antes de la intervención sobre el diseño de su cadena de suministro, la manera en que pudieron vender estos productos fue comprando un pedido de 1000 piezas fuera del país y haciendo solo la distribución, sin producirlos. Los datos de las ventas de esos 12 meses se muestran en la tabla 4.1:

Número de productos vendidos por mes a clientes minoristas						
Mes	Anaquele 1	Anaquele 2	Anaquele 3	Anaquele 4	Anaquele 5	Total
1	12	8	5	17	6	48
2	6	17	5	11	6	45
3	23	13	8	21	28	93
4	27	69	16	41	36	189
5	10	28	12	16	16	82
6	9	11	15	15		50
7	27	23	17	45	18	130
8	21	14	19	29	20	103
9	23	15	2	13	15	68
10	20	13		13	19	65
11	29	24		12	12	77
12	12	12		15	11	50
Total Vendido						1000

Tabla 4.1. Ventas históricas de producto (creación propia).

El segundo paso indicado por Murty es hacer una prueba de normalidad a los datos históricos. En este caso el modelo se correrá por mes, por lo tanto el nivel de ventas requerido como un dato es la venta por cliente al mes, con esto en mente se tiene una muestra de 56 datos, de acuerdo con Montgomery (2013) se requiere de un mínimo de 25 datos para evaluar esta prueba con el método Anderson – Darling. Por lo tanto la muestra oportunidad que se tiene para este caso es

suficiente para hacer esta evaluación con el método Anderson – Darling. Para ejecutar la prueba de normalidad se decidió utilizar el software *Minitab*® y escogiendo la prueba de normalidad con la modalidad de Anderson – Darling se obtuvo lo mostrado en la Figura 4.8:

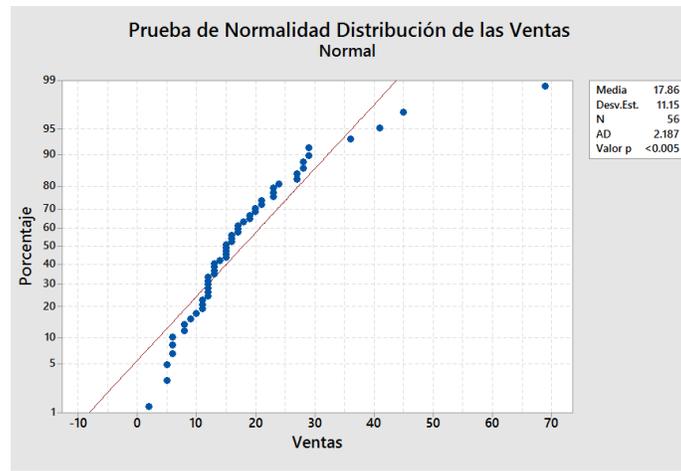


Figura 4.8. Prueba de normalidad a históricos de ventas (creación propia en *Minitab*®).

De acuerdo con el manual de *Minitab*® el “Valor p” debe ser mayor a 0.005 para considerar la prueba de normalidad como pasada, lo cual nos especificaría que la distribución de probabilidad que siguen los históricos de ventas es normal, sin embargo para este caso el “Valor p” resultó ser menor de 0.005 con lo cual se considera a la prueba de normalidad como no cumplida.

El tercer paso de acuerdo con Murty, en caso de no pasar la prueba de normalidad, es hacer una prueba de bondad de ajuste para definir con qué tipo de distribución de probabilidad se tienen más semejanzas. Para hacer esto se utilizó el software *EasyFit*®, para ejecutar la prueba se introdujeron los mismos 56 datos que en la prueba de normalidad, *EasyFit*® ejecuta las pruebas de bondad de ajuste mediante los métodos de Kolmogorov Smirnov y Anderson – Darling, para este caso se decidió correr la prueba para datos discretos, ya que esta es la naturaleza de los productos que se venden. En la Tabla 4.2 se muestran los resultados de la prueba de bondad de ajuste.

Bondad de ajuste - Resumen					
#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	D. Uniform	0.16635	2	15.55	3
2	Geometric	0.30139	4	7.0414	2
3	Logarithmic	0.49215	5	21.096	5
4	Neg. Binomial	0.15836	1	1.2135	1
5	Poisson	0.2607	3	16.532	4
6	Bernoulli	No hay ajuste (máx > 1)			
7	Binomial	No hay ajuste			
8	Hypergeometric	No hay ajuste			

Tabla 4.2. Resultados de la prueba de bondad de ajuste (información obtenida de *EasyFit*®).

Al analizar la tabla con los resultados de la prueba de bondad de ajuste, se observa que el software arroja en automático qué tipos de distribución discretas pasan la prueba y cuáles no. Para este caso se tienen 5 distribuciones que han pasado la prueba por ambos métodos, ahora es importante definir cuál de esas distribuciones de probabilidad se ajusta más a la naturaleza de la información que representará en el modelo, para esto se realizó una investigación bibliográfica enfocada en la naturaleza de estas 5 distribuciones para escoger la que mejor representaría al problema.

Como conclusión de esta investigación se define que la distribución de probabilidad de datos discretos más parecida a la representación de esta demanda de clientes, con la naturaleza del estudio de caso es la Poisson. De acuerdo con Montgomery (2013) la variable aleatoria de una distribución de probabilidad de datos discretos Poisson expresa el número de conteos en cierto intervalo, donde se tiene una media de la variable aleatoria, la cuál debe ser igual al número esperado de conteos en la misma longitud del intervalo, dando como resultado la probabilidad de que ocurra cierto número de observaciones en sub intervalos de igual longitud dentro de un intervalo, pero que estos sub intervalos son independientes unos de los otros. Así el fenómeno de la demanda de clientes se comportará en el modelo de simulación en sub intervalos mensuales dentro de un intervalo total de 3 años, la probabilidad de que ocurra cierto número de ventas en un mes es independiente la probabilidad de un mes anterior, así al utilizar Poisson obtendremos el número de observaciones o en este caso ventas dentro de cada sub intervalo o mes de observación. Además de acuerdo con Snyder (2007) una de las aplicaciones de esta distribución de probabilidad Poisson es la estimación de la demanda al buscar hacer un ejercicio de control y pronósticos de inventarios.

Bajo los argumentos arriba mencionados se decide utilizar Poisson para la generación de números aleatorios en el elemento de demanda de clientes. En la Figura 4.9 se muestra la función de distribución de probabilidad Poisson, en la Figura 4.10 se muestra la función de distribución de probabilidad Poisson ajustada a la gráfica de histograma arrojada por los datos históricos de venta introducidos, en la Figura 4.11 se muestran los datos estadísticos representativos obtenidos para la distribución de probabilidad Poisson. Todos estos datos han sido generados por *EasyFit®* y serán utilizados para correr la distribución de probabilidad en el modelo de simulación.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

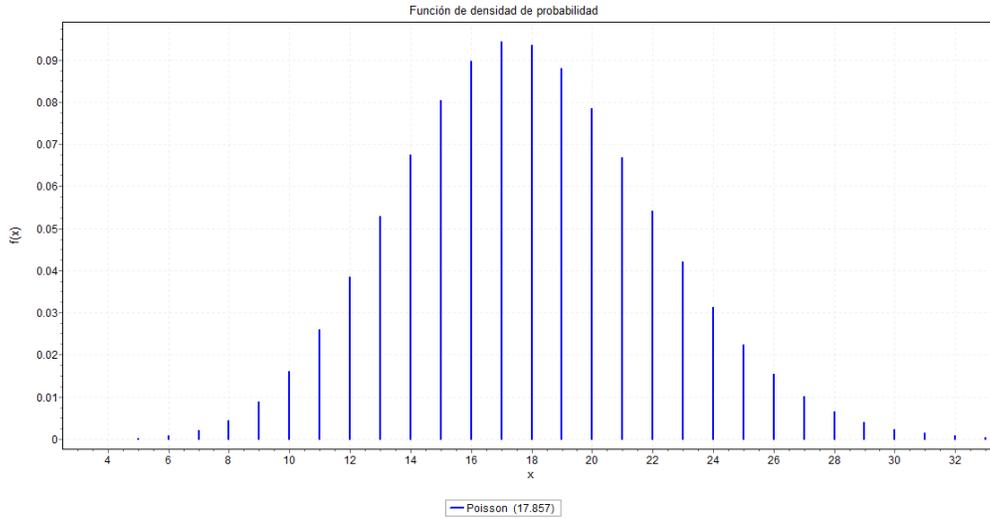


Figura 4.9. Función de densidad de probabilidad Poisson (gráfica obtenida de *EasyFit*®).

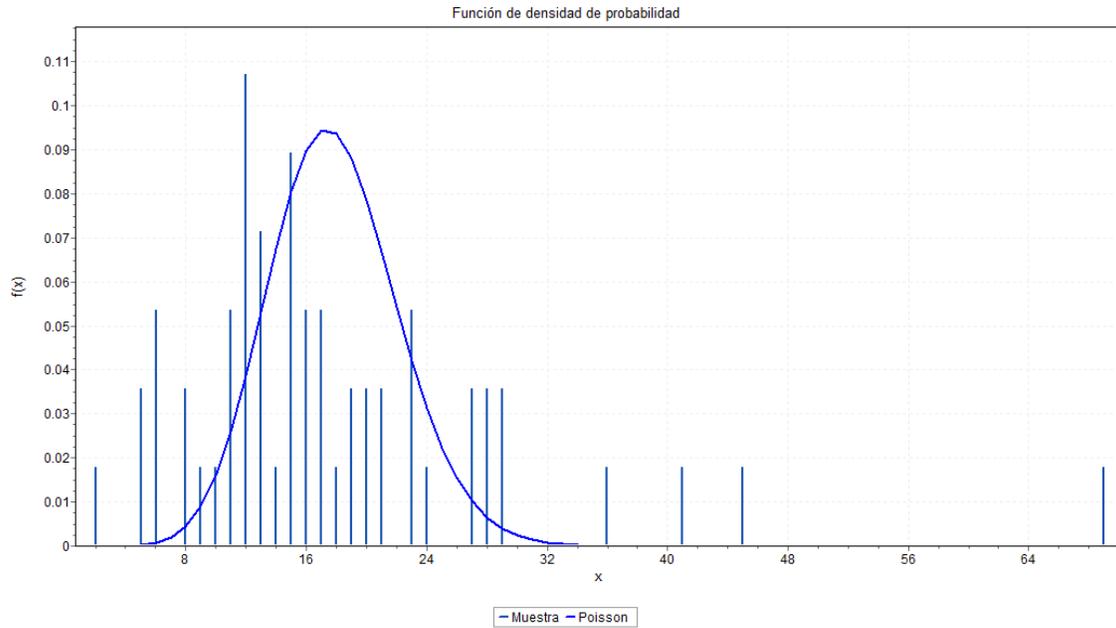


Figura 4.10. Función de densidad de probabilidad Poisson ajustada a la gráfica de histograma de datos históricos (gráfica obtenida de *EasyFit*®).

Propiedades		Funciones	
Dominio	Discreto	x	0
Min	0	Densidad	1.7569E-8
Max	+INF	Densidad acum.	1.7569E-8
Moda	17	Supervivencia	1.0
Media	17.857	Riesgo	N/A
Varianza	17.857	Riesgo acum.	N/A
Desv. est.	4.2258	Función de distribución inversa	
Coef. de var.	0.23664	P	0.5
Asimetría	0.23664	x(P)	N/A
Curtosis	0.056		

Figura 4.11. Datos estadísticos representativos para la distribución de probabilidad Poisson (información obtenida de *EasyFit*®).

Los números aleatorios serán generados por el software de simulación como lo revisaremos más adelante. Para correr el modelo, el software solicita los siguientes datos para la distribución Poisson:

- Media = 17.857
- Valor mínimo de la muestra = 2. Este es el valor más pequeño de la muestra analizada anteriormente.
- Valor máximo de la muestra = 69. Este es el valor más grande de la muestra analizada anteriormente.
- Periodo en el tiempo a partir del cual será aplicada la distribución de probabilidad = 1. Este valor se da así debido a que buscamos que los números aleatorios de la demanda empiecen a correr desde el mes 1.
- Longitud del intervalo = 1. Buscamos que el número aleatorio que se obtenga represente la demanda de un mes.
- Semilla = 1. Este es un valor que se toma de manera arbitraria para empezar a correr los números aleatorios.

Para el escenario de minoristas, cada número aleatorio será multiplicado por 5, ya que el número aleatorio resultante es la demanda de 1 cliente en 1 mes, para este caso se tienen 5 clientes. Para el escenario de mayoristas no se tienen muestras previas, sin embargo los emprendedores pronostican poder atender a 5 clientes mayoristas, quienes tendrán cada uno 5 clientes minoristas, es por esto que el número aleatorio resultante para mayoristas será multiplicado por 25.

Por último cabe mencionar que de acuerdo con Murty (2006), se recomienda hacer una actualización de los datos utilizados para la generación de números aleatorios, cada 3 meses, agregando los más actualizados, por si hubiese un cambio en el comportamiento de la demanda con el paso del tiempo.

Con esto se han definido todos los datos requeridos para generar y correr el modelo de simulación.

4.3.4 VALIDACIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL

El proceso de intervención descrito en la sección 4.2.4 garantiza que los dueños de la MyPE en incubación, estuviesen involucrados profundamente en la elaboración del modelo conceptual y en la generación de datos, al ser esta conceptualización una abstracción de cómo será la cadena de suministro en un futuro, el mecanismo de validación escogido es la de consulta con expertos. De acuerdo con Balci (1998) la consulta con expertos sucede cuando miembros del equipo del proyecto, expertos en el sistema bajo análisis, comparan subjetivamente el modelo y el comportamiento del sistema, basándose en sus estimaciones e intuición, juzgando si los resultados del modelo son razonables. De esta manera, por medio de la revisión y aprobación del modelo conceptual, los dueños de la MyPE en incubación, mediante acompañamiento y asesoría, además del proceso de intervención planeado, han aprobado y validado su uso.

4.3.5 DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CÓMPUTO

Como se detalló en el capítulo 3, para la modelación de la simulación dinámica del sistema programado, se decidió utilizar el *software Vensim®*. Como base para modelar y programar la simulación se recurrió a 4 fuentes: Cedillo (2008), García (2006), Pruyt (2013) y el manual de usuario de *vensim*. En las tres primeras fuentes se recomienda que una vez hecha la conceptualización del sistema y antes de empezar a programar en algún software, se haga una traducción de la conceptualización del sistema a un diagrama de relaciones causales como se establece en la teoría de dinámica de sistemas. En la sección 4.3.2 se han definido adecuadamente las diferencias entre ambos escenarios. Los diagramas de relaciones causales de acuerdo con la teoría de la dinámica de sistemas pueden ser encontrados en la Figura 4.12 para minoristas y 4.13 para mayoristas.

Una vez terminados los diagramas de relaciones causales de dinámica de sistemas, Cedillo (2008), García (2006) y Pruyt (2013), sugieren iniciar la programación del modelo, para lo cual también se ha utilizado el manual de instrucciones para el usuario de *Vensim®*. De esta forma se realizó el programa de simulación para ambos escenarios, estos pueden ser encontrados en la Figura 4.14 para minoristas y 4.15 para mayoristas. Las fórmulas utilizadas para la codificación del modelo programado, pueden ser encontradas en el anexo 4 de esta tesis, la explicación de la lógica utilizada para la construcción del diagrama de relaciones causales y del modelo programado genérico, puede ser encontrada en el apéndice 1 de esta tesis.

4.3.6 VERIFICACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN PROGRAMADO

La verificación del programa de cómputo consiste en asegurarse que los cálculos y resultados que arroja el modelo son coherentes y correctos matemáticamente, de acuerdo con Balci (1998). Para realizar esto se propone desglosar detalladamente las 36 corridas del modelo, utilizando una hoja de *Excel®* para corroborar los resultados de *Vensim®*, el análisis de la hoja de *Excel®* se puede

encontrar en el anexo 5 de esta tesis, al hacer la comparación entre los resultados de la hoja de cálculo y los de *Vensim@*, coinciden adecuadamente. Con esto se considera verificado el programa de cómputo para ambos escenarios.

4.3.7 VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN PROGRAMADO

De igual manera que en la sección 4.3.4, en la validación de la conceptualización del sistema, el proceso de intervención descrito en la sección 4.2.4 garantiza que los dueños de la MyPE en incubación, estuviesen involucrados profundamente en la elaboración del modelo programado y en la generación de resultados del mismo, al ser este modelo de simulación una representación de cómo operará en el futuro la cadena de suministro, el mecanismo de validación escogido es la de consulta con expertos. De acuerdo con Balci (1998) la consulta con expertos sucede cuando miembros del equipo del proyecto, expertos en el sistema bajo análisis, comparan subjetivamente el modelo y el comportamiento del sistema, basándose en sus estimaciones e intuición, juzgando si los resultados del modelo son razonables. De esta manera, por medio de la revisión detallada sobre cómo se ha construido el modelo, la lógica que se ha utilizado para construirlo y los resultados que ha arrojado, la aprobación del modelo de simulación programado ha sido puesta en evaluación por los dueños de la MyPE en incubación, además de sus representantes en la incubadora y guías del proceso de incubación; así como también por la Dra. Mayra Elizondo Cortés, como experta en el área de la simulación. Con base en los fundamentos expuestos anteriormente los modelos de simulación programados han sido aprobados y validados para su uso.

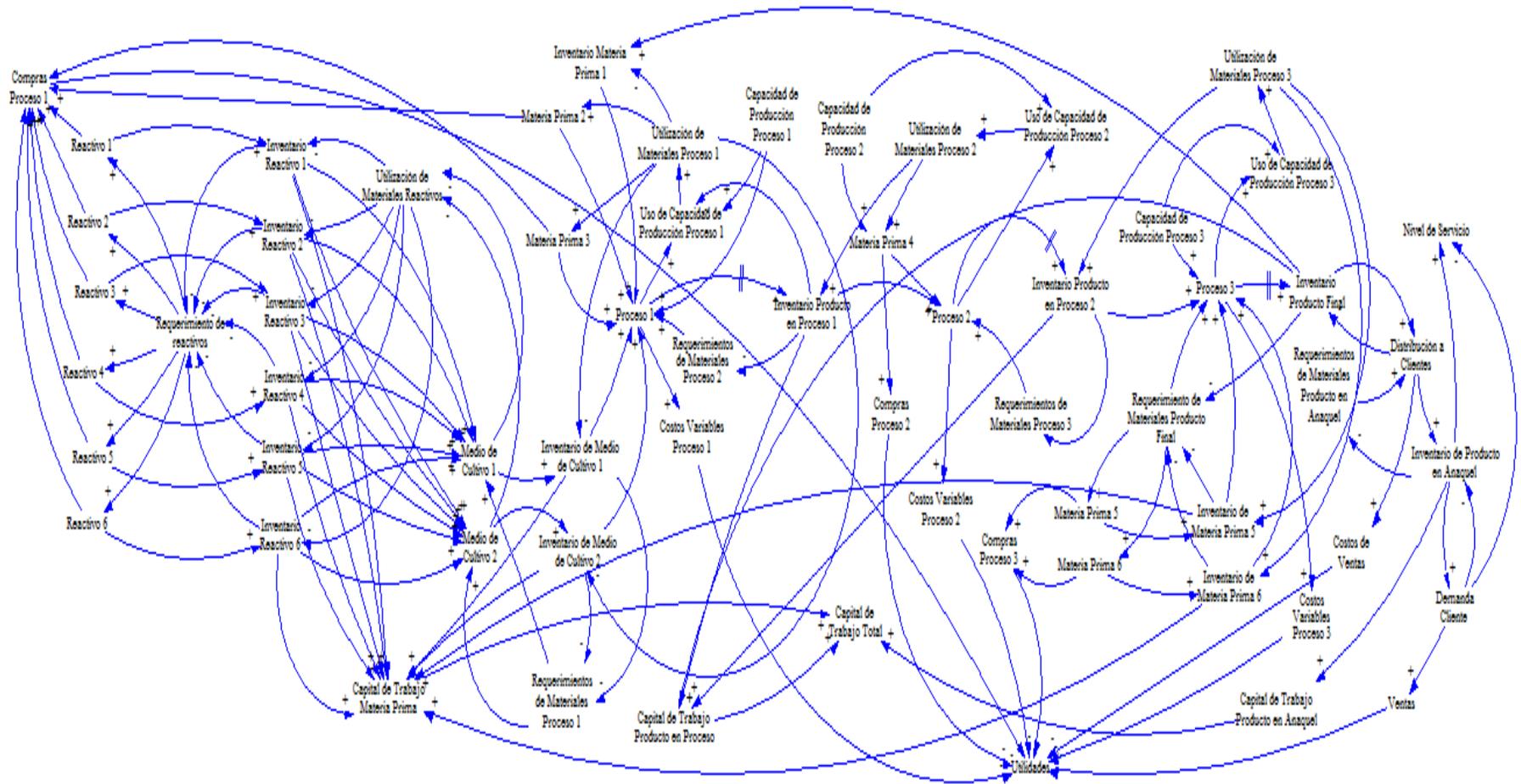


Figura 4.12. Diagrama causal de Dinámica de Sistemas de la cadena de suministro de minoristas (Creación propia).

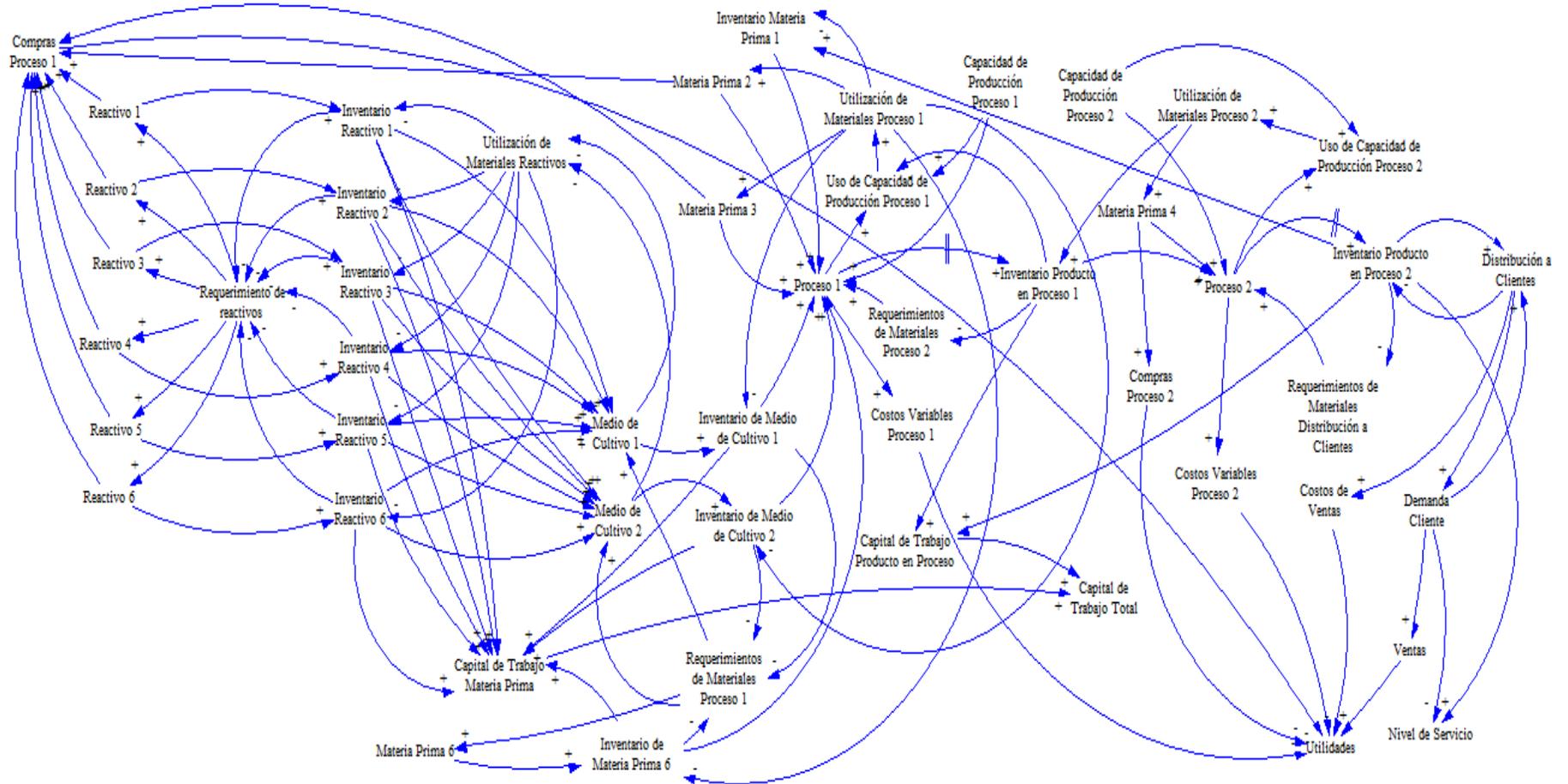


Figura 4.13. Diagrama causal de Dinámica de Sistemas de la cadena de suministro de mayoristas (Creación propia).

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

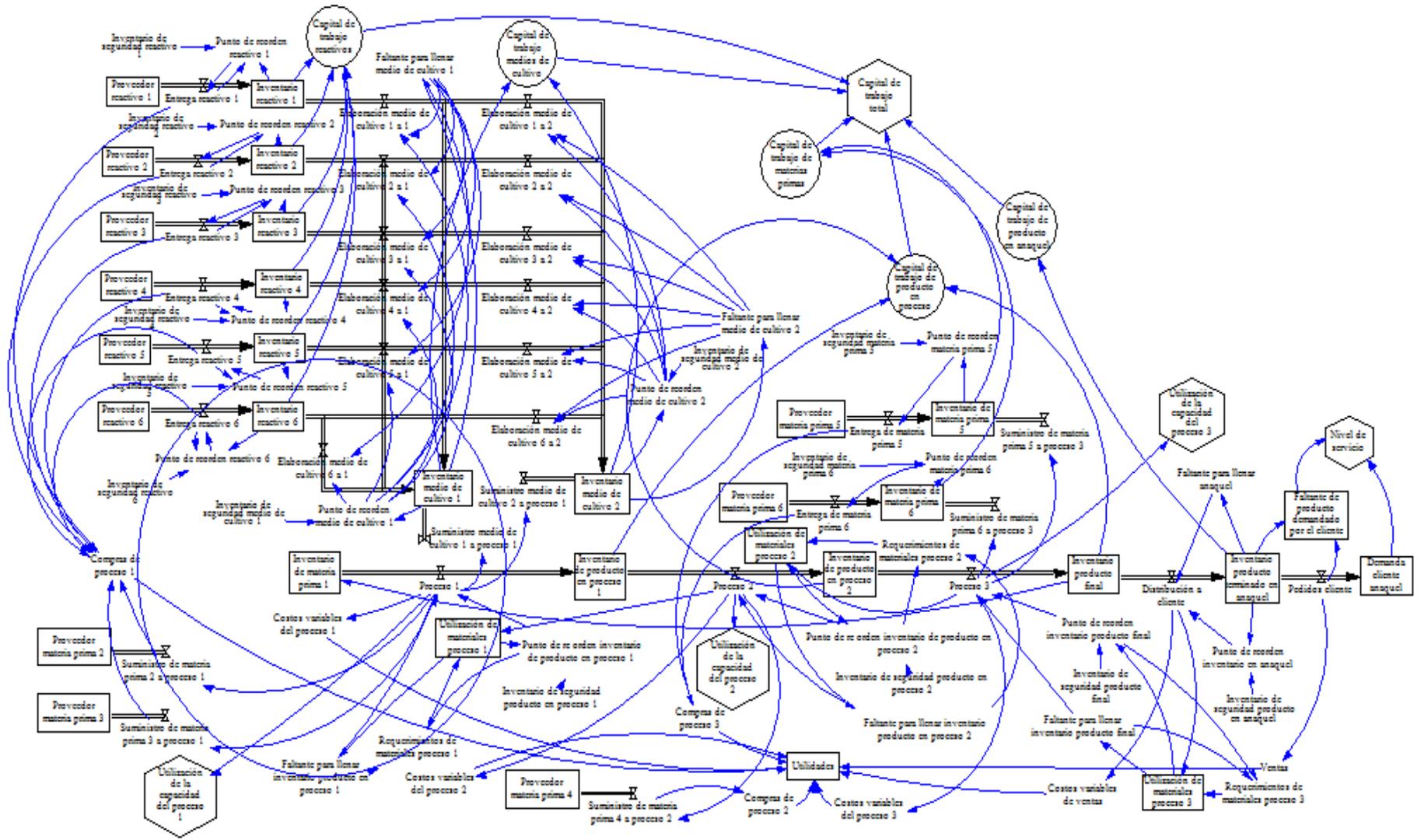


Figura 4.14. Representación gráfica del modelo de simulación programado en Vensim® de la cadena de suministro de minoristas (Creación propia).

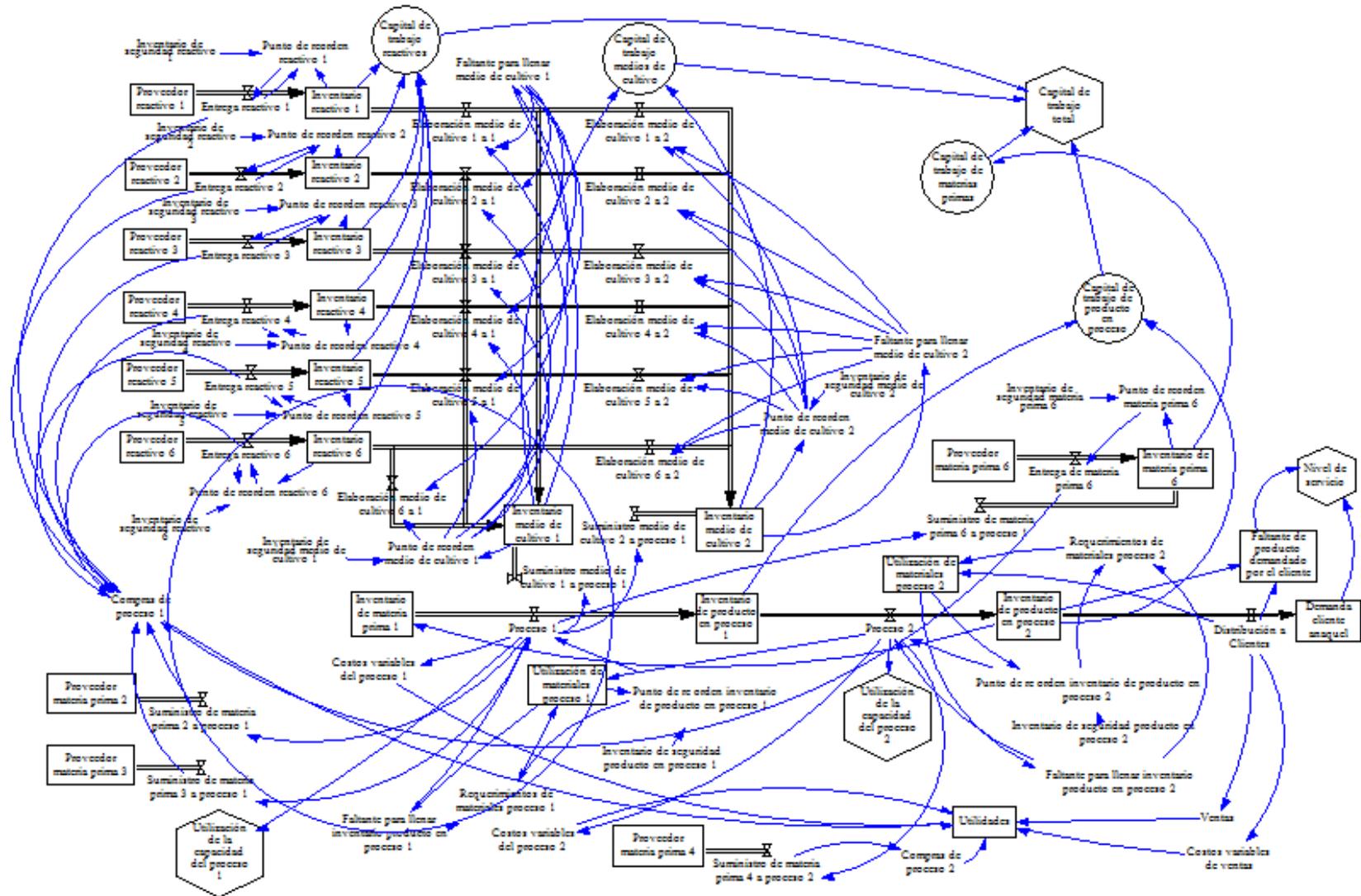


Figura 4.15. Representación gráfica del modelo de simulación programado en Vensim® de la cadena de suministro de mayoristas (Creación propia).

4.3.8 DISEÑO, EJECUCIÓN Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS

Cómo se definió al en la sección 4.2.4 de este capítulo, lo que interesa a los dueños de la MyPE es:

- 1) Evaluar cuál sería el mejor camino a seguir con su negocio, si vender producto a minoristas o a mayoristas.
- 2) Observar cómo se comportarán las utilidades del negocio durante los 3 primeros años de operación, es decir la etapa del “Valle de la muerte”.
- 3) Tener certeza de la cantidad de producto que requieren tener en cada una de las etapas de su proceso, previo al inicio de sus operaciones sostenerlas adecuadamente.
- 4) Definir los niveles de inventario más convenientes en cada etapa del proceso, que permitan sostener las operaciones a un nivel de servicio del 100% (sin faltantes a la demanda del cliente), siendo al mismo tiempo la opción más económica posible.

Con esto en mente se realizó la programación del modelo de simulación para dos escenarios uno de mayoristas y otro de minoristas, como ya se explicó a detalle en las secciones anteriores de este capítulo. En cada uno de estos escenarios se corrieron 36 meses de operación, evaluando cuál sería el valor adecuado de los inventarios en su valor de inventario inicial y en su valor de inventario de seguridad, que permitieran 100% de nivel de servicio, sosteniendo al mismo tiempo las operaciones, pero que también fuera la cantidad más baja con la que se pudiese lograr esto.

Para el escenario de minoristas, los valores de la demanda que fueron arrojados a partir de los números aleatorios de la distribución de probabilidad Poisson, se muestran en la tabla 4.3 y en la Figura 4.16 su gráfica de comportamiento, siendo este número las unidades de producto terminado en anaquel demandados por los clientes en cada periodo del tiempo analizado.

Periodo	Demanda	Periodo	Demanda	Periodo	Demanda	Periodo	Demanda
0	65	10	85	19	100	28	75
1	90	11	80	20	95	29	100
2	55	12	110	21	70	30	95
3	125	13	100	22	100	31	135
4	95	14	65	23	70	32	95
5	90	15	90	24	85	33	65
6	115	16	85	25	95	34	85
7	70	17	90	26	120	35	120
8	90	18	110	27	125	36	130

9	85
---	----

Tabla 4.3. Valores de la demanda para el escenario minorista, obtenidos a partir de la distribución de probabilidad Poisson.

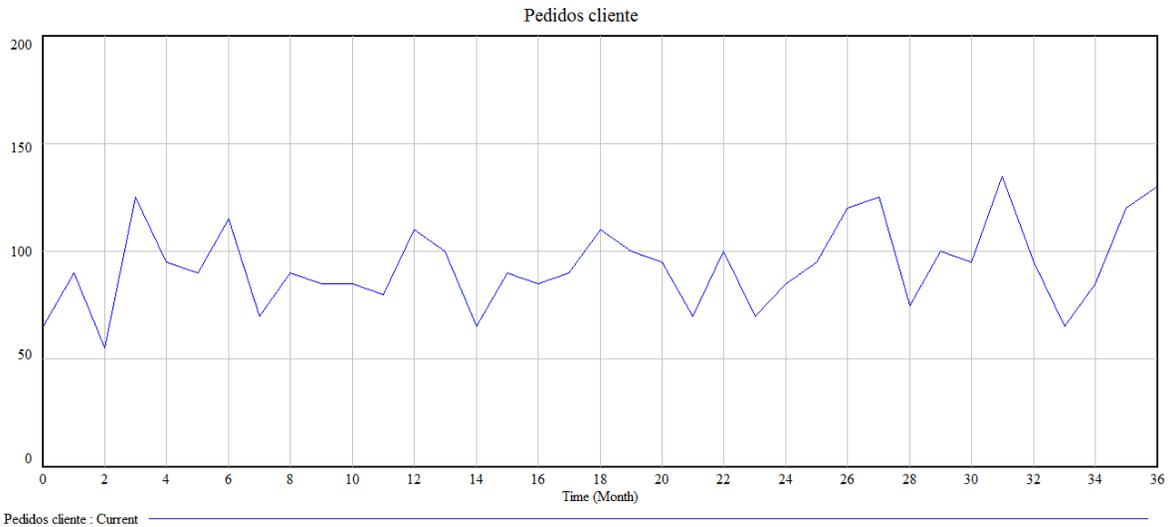


Figura 4.16. Gráfica del comportamiento de la demanda en escenario minorista.

Los valores mínimos del inventario, bajo los cuales se volvió estable la cadena de suministro se muestran en la tabla 4.4, en la Figura 4.17 se muestran las gráficas de comportamiento de dichos inventarios a lo largo del periodo analizado.

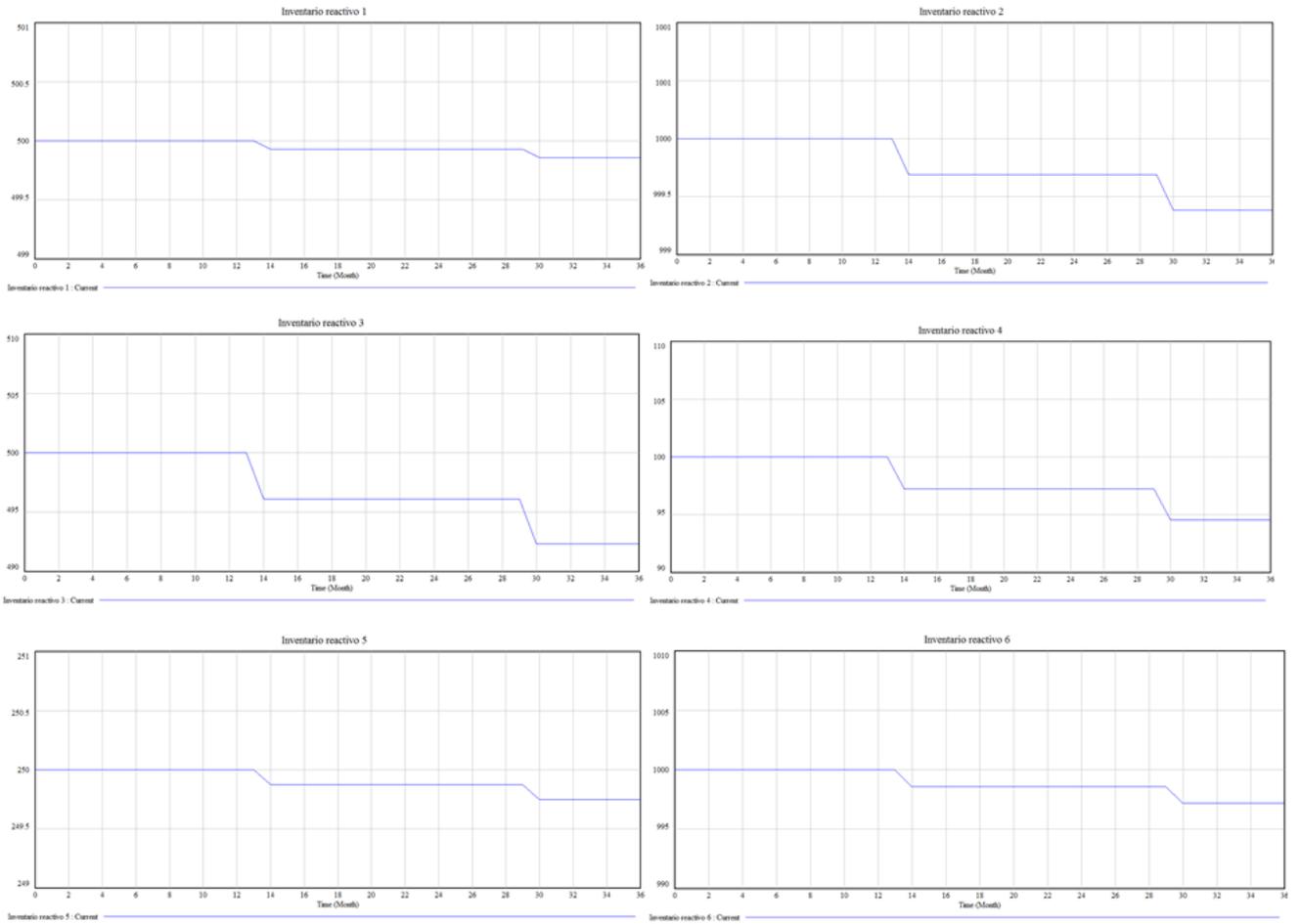
Elemento	Dato	Valor	Unidades
Inventario reactivo 1	Inventario inicial	500	Gramos
	Inventario de seguridad	150	Gramos
Inventario reactivo 2	Inventario inicial	1000	Gramos
	Inventario de seguridad	300	Gramos
Inventario reactivo 3	Inventario inicial	500	Gramos
	Inventario de seguridad	150	Gramos
Inventario reactivo 4	Inventario inicial	100	Gramos
	Inventario de seguridad	20	Gramos
Inventario reactivo 5	Inventario inicial	250	Gramos
	Inventario de seguridad	50	Gramos

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

Inventario reactivo 6	Inventario inicial	1000	Gramos
	Inventario de seguridad	200	Gramos
Inventario medio de cultivo 1	Inventario inicial	8	Litros
	Inventario de seguridad	2	Litros
Inventario medio de cultivo 2	Inventario inicial	170	Litros
	Inventario de seguridad	80	Litros
Inventario de materia prima 5	Inventario inicial	950	Unidades de materia prima 5
	Inventario de seguridad	700	Unidades de materia prima 5
Inventario de materia prima 6	Inventario inicial	20000	Gramos
	Inventario de seguridad	15000	Gramos
Inventario de producto en proceso 1	Inventario inicial	950	Unidades de producto en proceso 1
	Inventario de seguridad	400	Unidades de producto en proceso 1
Inventario de producto en proceso 2	Inventario inicial	900	Unidades de producto en proceso 2
	Inventario de seguridad	600	Unidades de producto en proceso 2
Inventario de producto final	Inventario inicial	440	Unidades de producto final
	Inventario de seguridad	380	Unidades de producto final
Inventario de producto terminado en anaquel	Inventario inicial	70	Unidades de producto en anaquel
	Inventario de seguridad	170	Unidades de producto en anaquel

Tabla 4.4. Valores mínimos del inventario para sostener una cadena de suministro estable en el escenario minorista.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación



Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

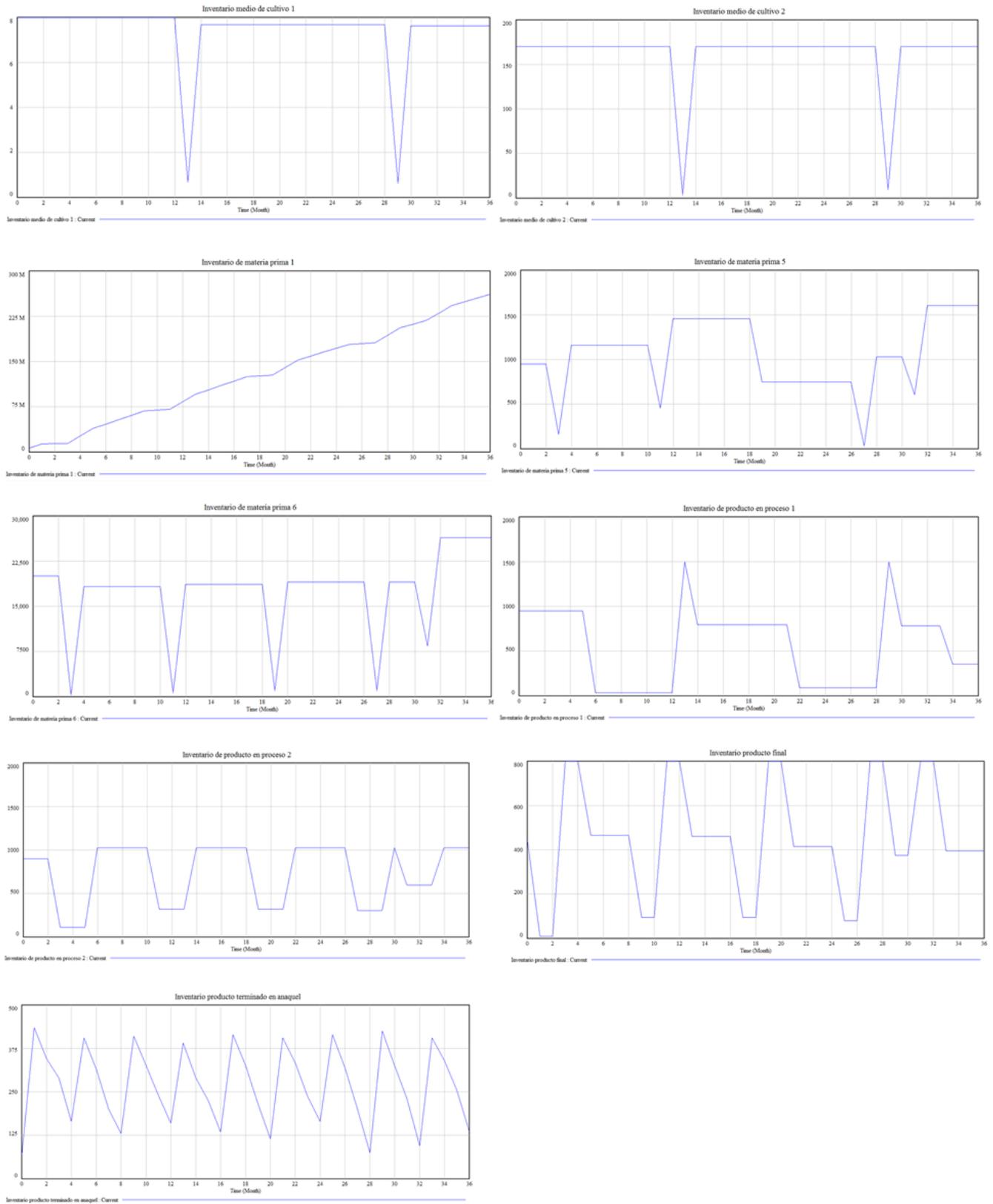


Figura 4.17. Gráficas de comportamiento del inventario para el escenario de minoristas.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

Al analizar los comportamientos de inventarios, se muestra que no existieron nuevos pedidos para el inventario de reactivos, este fue uno de los temas que causaba mayor preocupación a los dueños de la MyPE, sobre todo cuando hacer los pedidos de reactivos que tardarían hasta 1 mes en llegar, con este análisis se demostró que este no es un punto crítico. Otro punto importante de mencionar es el comportamiento del inventario de los medios de cultivo, lo dueños planeaban tener la misma capacidad de almacenaje para ambos, sin embargo los comportamientos son muy diferentes, con este análisis fue fácil percatarse que requerirían de por lo menos una capacidad de almacenaje de 170 litros para el medio de cultivo 2 que es de muy alta demanda, mientras que para el medio de cultivo 1 solo requieren almacenar 8 litros como máximo siendo este de baja demanda.

Una vez analizadas las variables de procesos anteriores, pasamos a hacer un análisis sobre las medidas de desempeño, las cuales se muestran en la tabla 4.5.

Periodo / Medida de desempeño	Utilidades (\$MXN)	Capital de trabajo total (\$MXN)	Utilización de la capacidad proceso 1 (%)	Utilización de la capacidad proceso 2 (%)	Utilización de la capacidad proceso 3 (%)
0	-\$110,278.00	\$ 110,278.00	0.00%	0.00%	0.00%
1	-\$106,363.00	\$ 108,995.00	0.00%	0.00%	0.00%
2	-\$ 98,262.50	\$ 104,540.00	0.00%	0.00%	98.75%
3	-\$ 95,279.60	\$ 101,138.00	0.00%	0.00%	0.00%
4	-\$ 87,378.40	\$ 98,299.40	0.00%	0.00%	0.00%
5	-\$ 80,335.90	\$ 95,104.40	0.00%	89.26%	0.00%
6	-\$ 73,603.50	\$ 92,010.40	0.00%	0.00%	0.00%
7	-\$ 63,253.50	\$ 86,327.90	0.00%	0.00%	0.00%
8	-\$ 56,953.50	\$ 82,862.90	0.00%	0.00%	0.00%
9	-\$ 50,518.50	\$ 80,072.90	0.00%	0.00%	0.00%
10	-\$ 42,868.50	\$ 75,865.40	0.00%	0.00%	88.13%
11	-\$ 36,974.00	\$ 71,051.60	0.00%	0.00%	0.00%
12	-\$ 33,122.80	\$ 70,440.40	97.60%	0.00%	0.00%
13	-\$ 82,619.00	\$ 124,975.00	0.00%	68.85%	0.00%

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

14	-\$ 74,673.80	\$ 121,082.00	0.00%	0.00%	0.00%
15	-\$ 68,823.80	\$ 117,865.00	0.00%	0.00%	0.00%
16	-\$ 60,723.80	\$ 113,410.00	0.00%	0.00%	0.00%
17	-\$ 54,716.30	\$ 110,845.00	0.00%	0.00%	0.00%
18	-\$ 46,616.30	\$ 106,390.00	0.00%	0.00%	88.13%
19	-\$ 38,471.80	\$ 100,338.00	0.00%	0.00%	0.00%
20	-\$ 32,200.60	\$ 98,117.00	0.00%	0.00%	0.00%
21	-\$ 25,383.10	\$ 95,147.00	0.00%	68.85%	0.00%
22	-\$ 20,137.90	\$ 92,739.50	0.00%	0.00%	0.00%
23	-\$ 11,137.90	\$ 87,789.50	0.00%	0.00%	0.00%
24	-\$ 4,837.92	\$ 84,324.50	0.00%	0.00%	0.00%
25	\$ 1,304.58	\$ 81,624.50	0.00%	0.00%	0.00%
26	\$ 9,854.58	\$ 76,922.00	0.00%	0.00%	90.00%
27	\$ 18,861.80	\$ 70,362.80	0.00%	0.00%	0.00%
28	\$ 26,763.00	\$ 67,524.10	94.00%	0.00%	0.00%
29	-\$ 24,131.30	\$ 122,017.00	0.00%	70.31%	0.00%
30	-\$ 16,208.60	\$ 118,147.00	0.00%	0.00%	53.13%
31	-\$ 8,716.86	\$ 113,079.00	0.00%	0.00%	0.00%
32	\$ 84.34	\$ 109,746.00	0.00%	0.00%	0.00%
33	\$ 6,811.84	\$ 106,866.00	0.00%	41.50%	0.00%
34	\$ 12,025.90	\$ 104,286.00	0.00%	0.00%	0.00%
35	\$ 19,675.90	\$ 100,078.00	0.00%	0.00%	0.00%
36	\$ 30,475.90	\$ 94,138.10	0.00%	0.00%	0.00%

Tabla 4.5. Valores de las medidas de desempeño para el escenario minorista.

En la tabla 4.5 no se ha colocado la medida de desempeño de nivel de servicio, debido a que este dato se mantuvo en 100% a lo largo del periodo analizado. Las dos medidas de desempeño que

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

más nos interesan se muestran en la figura 4.18 donde se puede observar la gráfica de comportamiento del capital de trabajo y en la figura 4.19 donde observamos la gráfica de comportamiento de las utilidades.

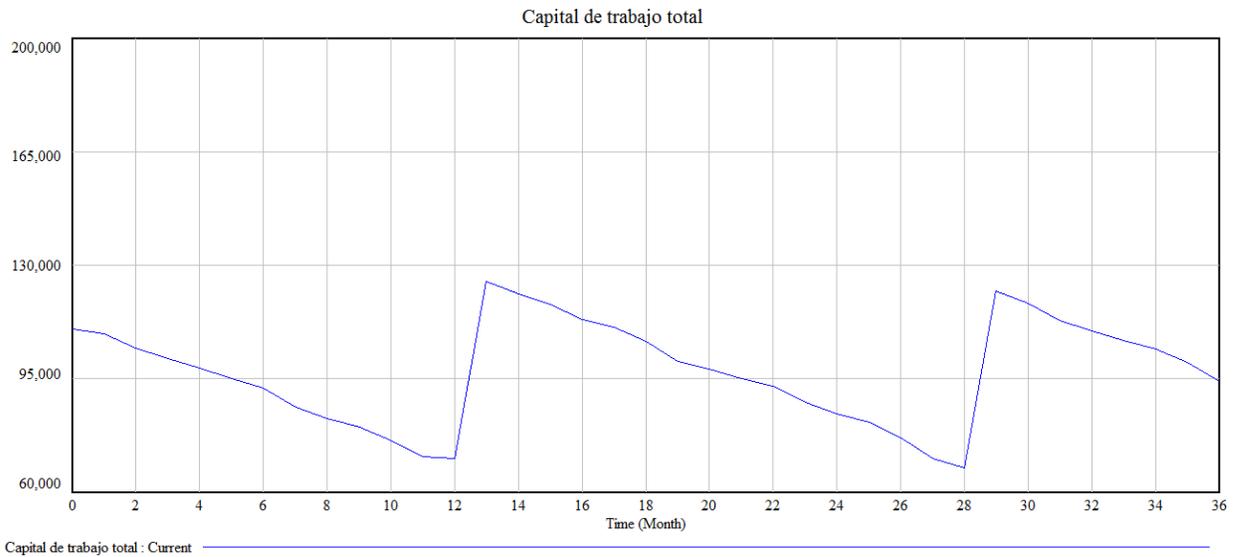


Figura 4.18. Gráfica de comportamiento del capital de trabajo total para escenario minorista.

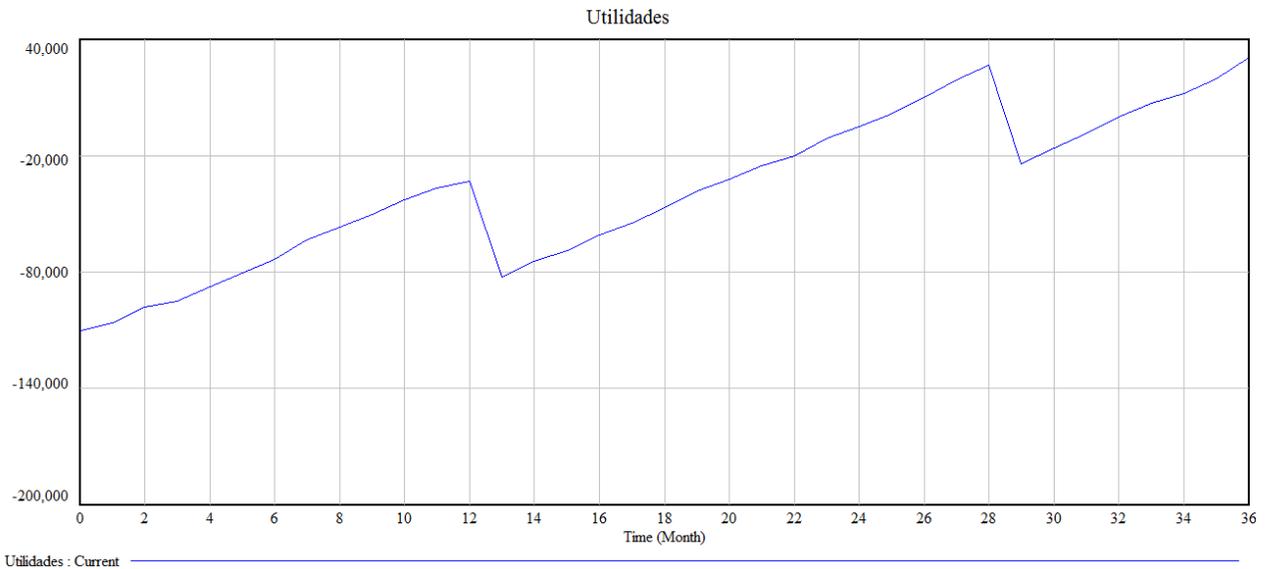


Figura 4.19. Gráfica de comportamiento de las utilidades para escenario minorista.

Como podemos observar en la información arriba presentada en cuanto a la capacidad de la producción esta cadena de suministro está sub utilizada, nunca se tiene un 100% de utilización de la capacidad y cuando se utiliza es en pocos meses, dejando la mayor parte del periodo sin utilizarla, este dato podría ayudar a los dueños de la MyPE a tomar la decisión de contratar personal solo en esos meses de producción, sin dejarlos completamente de planta. La inversión inicial en inventario se estima en \$110,278.00 MXN, este dato alerta a los dueños de la MyPE

sobre la necesidad de conseguir un financiamiento previo a la puesta en marcha que pueda sostener este gasto, así como preparar estos niveles de inventario en el proceso como etapa previa al inicio de operaciones. Respecto a las utilidades se puede observar que la empresa comienza a generar números positivos en el mes 25, exactamente después de los dos años estimados en promedio del valle de la muerte, sin embargo todavía en los meses 29, 30 y 31 existe un retroceso a números negativos debido a los costos de producción, sin embargo a partir del mes 32 vuelven a ser positivos los números para ya no volver a la parte negativa, por lo tanto se podría decir que la empresa alcanza su punto de equilibrio completamente a partir de mes 32. Es importante mencionar que el valor de las utilidades toma en cuenta como valor inicial el monto gastado para producir los inventarios iniciales y acumula ganancias menos costos y compras, por lo tanto el valor que aquí aparece es estado monetario acumulado de todo el periodo de análisis, por lo tanto se puede decir que la empresa se vuelve rentable a partir del mes 32 de operaciones bajo este esquema de producción, terminando el periodo de análisis con una ganancia de \$30,475.90 MXN, observándose al mismo tiempo una tendencia a la alza a través del tiempo para las utilidades.

Para el escenario de mayoristas, los valores de la demanda que fueron arrojados a partir de los números aleatorios de la distribución de probabilidad Poisson, se muestran en la tabla 4.6 y en la Figura 4.20 su gráfica de comportamiento, siendo este número las unidades de producto en proceso 2 demandadas por los clientes mayoristas en cada periodo del tiempo analizado.

Periodo	Demanda	Periodo	Demanda	Periodo	Demanda	Periodo	Demanda
0	325	10	425	19	500	28	375
1	450	11	400	20	475	29	500
2	275	12	550	21	350	30	475
3	625	13	500	22	500	31	675
4	475	14	325	23	350	32	475
5	450	15	450	24	425	33	325
6	575	16	425	25	475	34	425
7	350	17	450	26	600	35	600
8	450	18	550	27	625	36	650
9	425						

Tabla 4.6. Valores de la demanda para el escenario mayorista, obtenidos a partir de la distribución de probabilidad Poisson.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

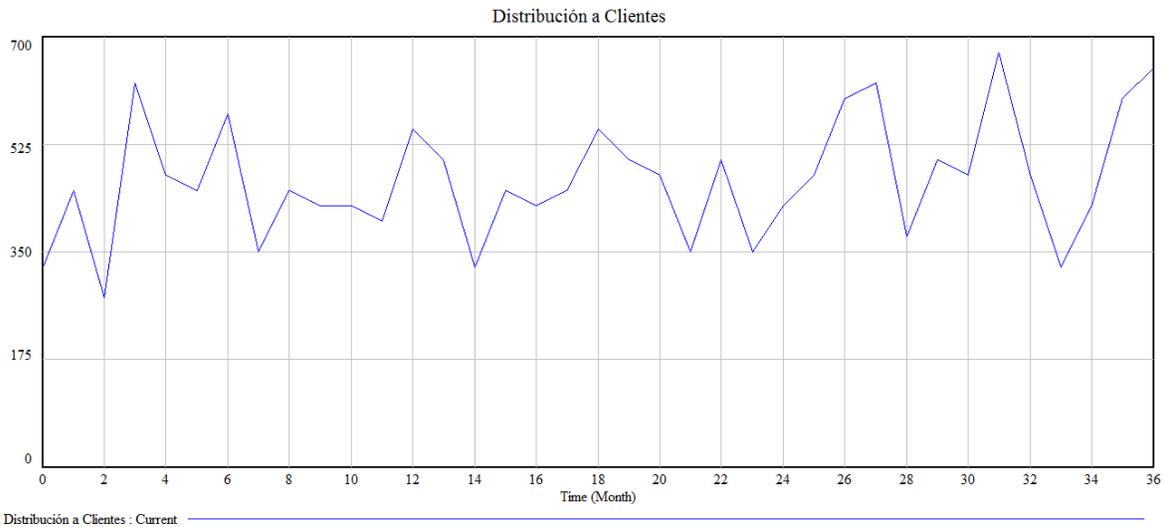


Figura 4.20. Gráfica del comportamiento de la demanda en escenario mayorista.

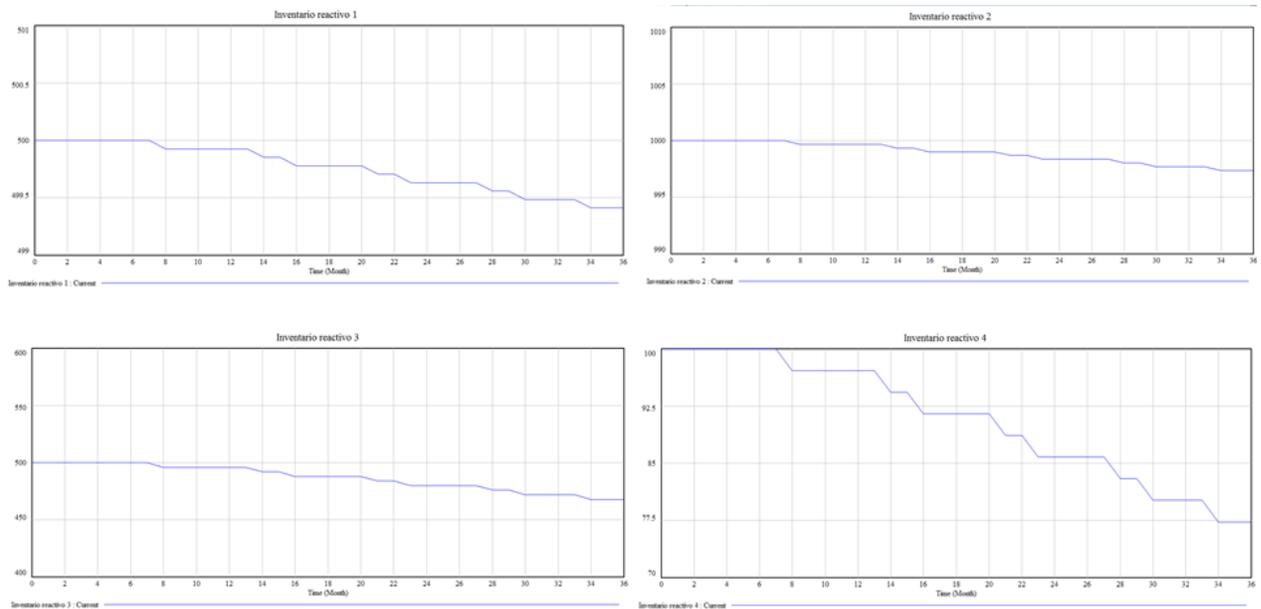
Los valores mínimos del inventario, bajo los cuales se volvió estable la cadena de suministro se muestran en la tabla 4.7, en la Figura 4.21 se muestran las gráficas de comportamiento de dichos inventarios a lo largo del periodo analizado.

Elemento	Dato	Valor	Unidades
Inventario reactivo 1	Inventario inicial	500	Gramos
	Inventario de seguridad	150	Gramos
Inventario reactivo 2	Inventario inicial	1000	Gramos
	Inventario de seguridad	300	Gramos
Inventario reactivo 3	Inventario inicial	500	Gramos
	Inventario de seguridad	150	Gramos
Inventario reactivo 4	Inventario inicial	100	Gramos
	Inventario de seguridad	20	Gramos
Inventario reactivo 5	Inventario inicial	250	Gramos
	Inventario de seguridad	50	Gramos
Inventario reactivo 6	Inventario inicial	1000	Gramos

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

	Inventario de seguridad	200	Gramos
Inventario medio de cultivo 1	Inventario inicial	10	Litros
	Inventario de seguridad	6	Litros
Inventario medio de cultivo 2	Inventario inicial	200	Litros
	Inventario de seguridad	125	Litros
Inventario de materia prima 6	Inventario inicial	1000 0	Unidades de materia prima 5
	Inventario de seguridad	5000	Unidades de materia prima 5
Inventario de producto en proceso 1	Inventario inicial	4000	Unidades de producto en proceso 1
	Inventario de seguridad	4001	Unidades de producto en proceso 1
Inventario de producto en proceso 2	Inventario inicial	2500	Unidades de producto en proceso 2
	Inventario de seguridad	2501	Unidades de producto en proceso 2

Tabla 4.7. Valores mínimos del inventario para sostener una cadena de suministro estable en el escenario mayorista.



Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

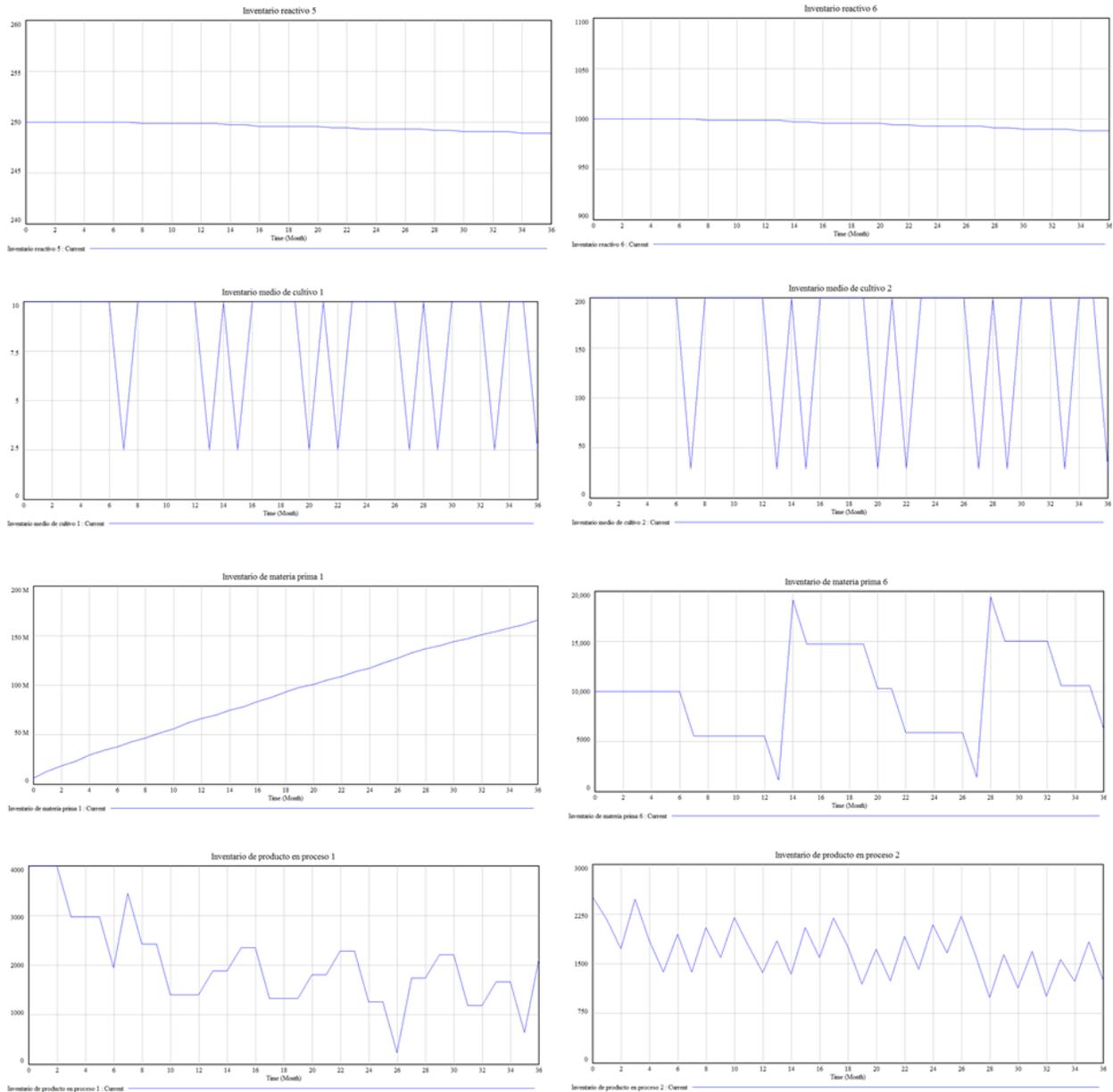


Figura 4.21. Gráficas de comportamiento del inventario para el escenario de mayoristas.

Las observaciones sobre el comportamiento de los reactivos que se hicieron en el escenario minorista proceden de igual forma para este escenario. Lo mismo sucede con los medios de cultivo, la única diferencia es que en el escenario mayorista se requieren más litros de ambos medios, llegando a requerir una capacidad de almacenaje de hasta 200 litros para el medio de cultivo 2 y de 10 litros para el medio de cultivo 1.

Una vez analizadas las variables de proceso anteriores, pasamos a hacer un análisis sobre las medidas de desempeño, las cuales se muestran en la tabla 4.8.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

Periodo / Medida de desempeño	Utilidades (\$MXN)	Capital de trabajo total (\$MXN)	Utilización de la capacidad proceso 1 (%)	Utilización de la capacidad proceso 2 (%)
0	-\$273,082.00	\$ 273,082.00	0.00%	0.00%
1	-\$259,188.00	\$ 259,611.00	0.00%	0.00%
2	-\$239,951.00	\$ 240,958.00	0.00%	100.00%
3	-\$229,727.00	\$ 231,095.00	0.00%	0.00%
4	-\$203,008.00	\$ 205,189.00	0.00%	0.00%
5	-\$182,702.00	\$ 185,500.00	0.00%	100.00%
6	-\$164,996.00	\$ 168,384.00	100.00%	0.00%
7	-\$199,704.00	\$ 203,766.00	0.00%	100.00%
8	-\$186,274.00	\$ 190,794.00	0.00%	0.00%
9	-\$167,036.00	\$ 172,142.00	0.00%	100.00%
10	-\$150,400.00	\$ 156,061.00	0.00%	0.00%
11	-\$132,231.00	\$ 138,445.00	0.00%	0.00%
12	-\$115,131.00	\$ 121,865.00	100.00%	100.00%
13	-\$152,440.00	\$ 159,819.00	0.00%	0.00%
14	-\$133,794.00	\$ 141,823.00	100.00%	100.00%
15	-\$180,721.00	\$ 189,103.00	0.00%	0.00%
16	-\$161,484.00	\$ 170,451.00	0.00%	100.00%
17	-\$144,847.00	\$ 154,371.00	0.00%	0.00%
18	-\$125,610.00	\$ 135,718.00	0.00%	0.00%
19	-\$102,097.00	\$ 112,921.00	100.00%	100.00%
20	-\$141,543.00	\$ 152,947.00	0.00%	0.00%
21	-\$121,237.00	\$ 133,258.00	100.00%	100.00%

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

22	-\$167,096.00	\$ 179,502.00	0.00%	0.00%
23	-\$145,721.00	\$ 158,777.00	0.00%	100.00%
24	-\$132,291.00	\$ 145,806.00	0.00%	0.00%
25	-\$114,122.00	\$ 128,190.00	0.00%	100.00%
26	-\$ 95,347.70	\$ 110,037.00	100.00%	0.00%
27	-\$128,987.00	\$ 144,382.00	0.00%	0.00%
28	-\$104,997.00	\$ 121,205.00	100.00%	100.00%
29	-\$149,787.00	\$ 166,413.00	0.00%	0.00%
30	-\$128,412.00	\$ 145,688.00	0.00%	100.00%
31	-\$109,638.00	\$ 127,535.00	0.00%	0.00%
32	-\$ 80,781.60	\$ 99,556.20	100.00%	100.00%
33	-\$121,297.00	\$ 140,619.00	0.00%	0.00%
34	-\$107,403.00	\$ 127,148.00	0.00%	100.00%
35	-\$ 90,766.30	\$ 111,068.00	100.00%	0.00%
36	-\$124,405.00	\$ 145,413.00	0.00%	100.00%

Tabla 4.8. Valores de las medidas de desempeño para el escenario mayorista.

Al igual que en el escenario de minoristas, en la tabla 4.7 no se ha colocado la medida de desempeño de nivel de servicio, debido a que este dato se mantuvo en 100% a lo largo del periodo analizado. Las dos medidas de desempeño que más nos interesan se muestran en la Figura 4.22 donde se puede observar la gráfica de comportamiento del capital de trabajo y en la Figura 4.23 donde observamos la gráfica de comportamiento de las utilidades.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

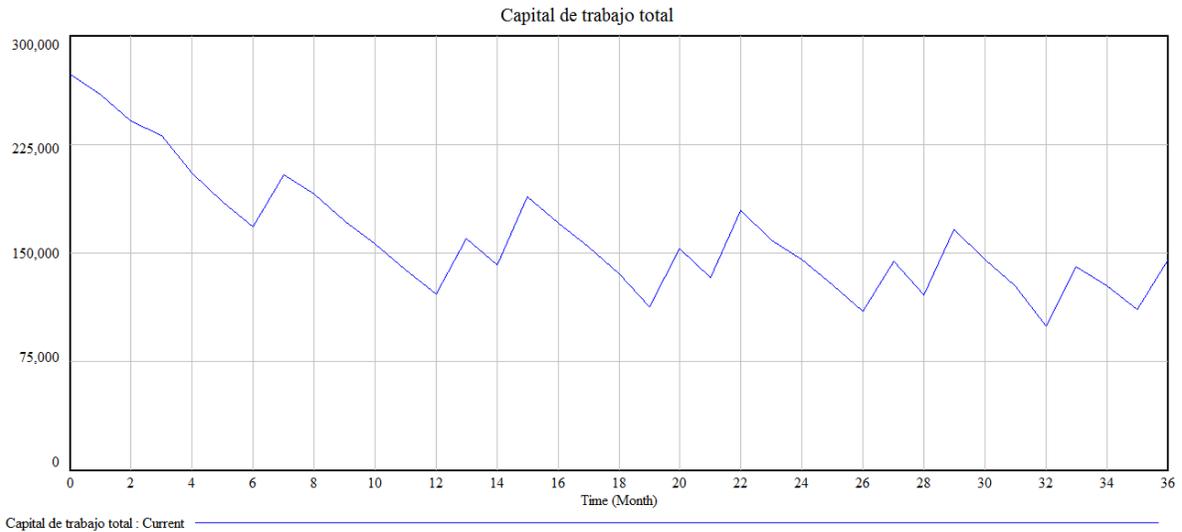


Figura 4.22. Gráfica de comportamiento del capital de trabajo total para escenario mayorista.

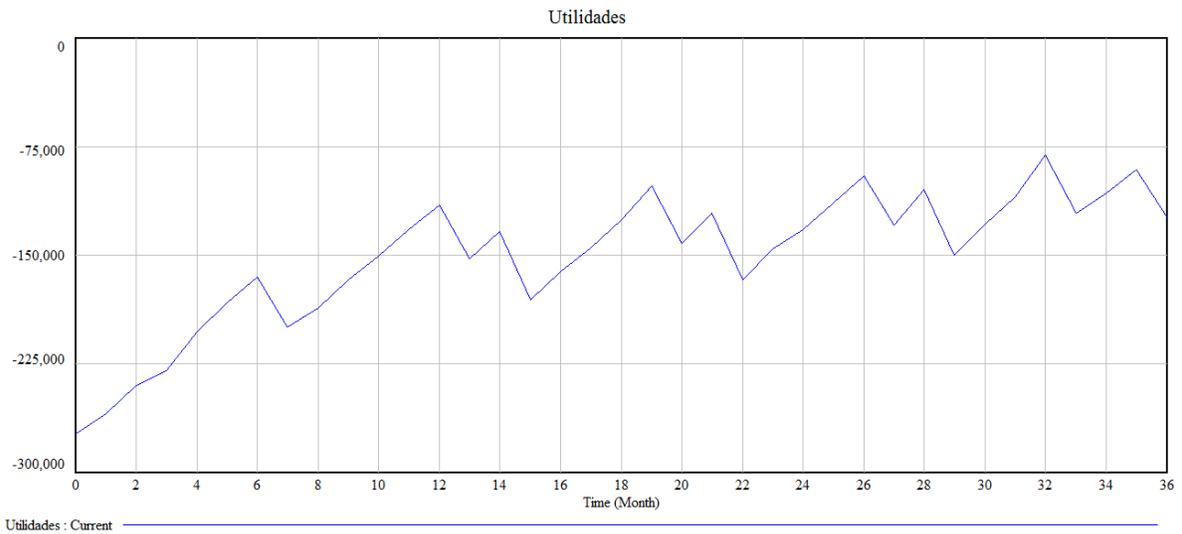


Figura 4.23. Gráfica de comportamiento de las utilidades para escenario mayorista.

Como podemos observar en la información arriba presentada en cuanto a la capacidad de la producción esta cadena de suministro se utiliza más que en el escenario de minoristas, sin embargo sigue estando sub utilizada, se tiene un 100% de utilización de la capacidad de manera intermitente, dejando algunos meses del periodo sin utilizarla, este dato podría ayudar a los dueños de la MyPE a tomar la decisión de contratar personal solo en esos meses de producción, sin dejarlos completamente de planta. La inversión inicial en inventario se estima en \$273,082.00 MXN, un monto mayor al del escenario minorista, este dato alerta a los dueños de la MyPE sobre la necesidad de conseguir un financiamiento previo a la puesta en marcha que pueda sostener este gasto, así como preparar estos niveles de inventario en el proceso como etapa previa al inicio de operaciones. Respecto a las utilidades se puede observar que la empresa nunca llega a números positivos durante el periodo de análisis, aunque la tendencia muestra incrementos en las

utilidades, estos son muy poco pronunciados, alcanzando su punto más alto de utilidades en el mes 32 con -\$80,781.60 MXN. La empresa no se vuelve rentable durante el periodo de 3 años, la tendencia indica incremento, por lo que se realizó una corrida hasta a 240 meses para corroborar si alcanzaría su punto de equilibrio. Se encontró que tendría su primer dato positivo en el mes 92 del año 7 con \$5,392.00 MXN, sin embargo no alcanza su punto de equilibrio, aun en un periodo de 20 años ya que los datos oscilan entre positivos y negativos en todo ese periodo a partir del mes 92.

4.3.9 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS, RECOMENDACIONES PROPUESTAS

Después de comparar los resultados obtenidos en ambos escenarios y al observar más a detalle las medidas de desempeño, se pueden contestar con bases cuantitativas, las preguntas que se hacían los emprendedores sobre su modelo de negocios, todo el análisis nos lleva a concluir que el escenario de minoristas es el que más conviene para la puesta en marcha de las operaciones. La simulación nos permite pronosticar que en el escenario mayorista no se llegará a tener una ganancia por lo menos en los primeros 20 años de operación, es decir no es un modelo de negocios que resulte rentable, es por esto que la recomendación es que no se opte por este escenario.

Al escoger el escenario de minoristas, con base en lo aprendizajes y resultados cuantitativos obtenidos, además con el objetivo de optimizar las ganancias del negocio, estas serían las recomendaciones para los emprendedores:

- el negocio superará su fase del valle de la muerte a partir del mes 32, durante el tercer año de operaciones, es necesario obtener algún financiamiento que apoye a soportar las operaciones durante este tiempo, y como monto adicional a la adquisición de maquinaria u otra infraestructura. En particular para sostener las operaciones se recomienda considerar una inversión inicial de por lo menos \$110,278.00 MXN, con lo que estarían asegurando sus operaciones y manutención hasta llegar al mes 32 donde la empresa se vuelve rentable;
- el análisis hecho durante el estudio de caso se basa en que la demanda se comportaría como sucedió en el periodo de prototipado, con los datos históricos disponibles hasta ese momento, es decir es una demanda que es alcanzable de manera comprobada, sin embargo en la medida en que está demanda pudiera ser mayor el periodo del valle de la muerte se podría reducir. Por lo tanto es recomendable que busquen abrir más mercado además del ya conocido, con el objetivo de volver rentable la empresa en un periodo más corto. Sin embargo también es importante mencionar que si se da el caso en que su demanda es menor a 5 clientes, entonces el periodo del valle de la muerte podría incrementarse;
- a pesar de las preocupaciones iniciales de los emprendedores, sobre la posibilidad de quedarse cortos en el inventario de reactivos y la dificultad para pedirlos, así como su tiempo de entrega de por lo menos un mes, el análisis demuestra que durante el periodo

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

de los 3 primeros años no se requerirá hacer una re orden, por lo que no es un punto sobre el que debieran invertir demasiada energía durante la puesta en marcha de operaciones;

- la utilización de la capacidad instalada en los 3 procesos se encuentra por demás sub utilizada, con esto en mente y considerando este nivel de demanda, la recomendación es contratar personal eventual durante los periodos de utilización, esto con el fin de evitar tener personal ocioso durante los periodos donde no se utiliza la capacidad de producción;
- respecto a la utilización de la capacidad, otra alternativa es rentar el laboratorio o prestar algún otro servicio del cual pudiesen obtener un ingreso adicional a partir de la infraestructura instalada, esto durante los meses donde no se utiliza la capacidad de producción;
- durante la puesta en marcha se recomienda a los emprendedores retroalimentar el dato de la demanda cada tres meses y analizar de nuevo los datos que se obtengan del modelo, es posible que se requiera alguna actualización en los niveles de inventarios o en la utilización de la capacidad de acuerdo a los movimientos de la demanda.

4.4 APRENDIZAJE DE LA PUESTA EN MARCHA DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Una vez terminado el trabajo de diseño de la cadena de suministro, los emprendedores buscaron continuar con este trabajo pero ahora en la etapa de puesta en marcha de la cadena de suministro o de las operaciones, es por ello que se tuvo la oportunidad de trabajar en este punto durante los 6 meses posteriores al trabajo de diseño de la cadena de suministro. En este apartado es importante mencionar los aprendizajes obtenidos durante la puesta en marcha y que son soporte para pasar al siguiente nivel en la creación de una empresa, el esfuerzo dedicado a este estudio.

Una vez diseñada la cadena de suministro se tomaron en cuenta las recomendaciones en cuanto a niveles de inventario requeridos, búsqueda de financiamiento y un esquema de la organización por eventos. A continuación se detallan las actividades más importantes realizadas:

- la empresa pudo conseguir un financiamiento de \$250,000 MXN que le ayudó a tener una base sólida para soportar el valle de la muerte y sus operaciones constantes;
- la empresa optó por iniciar con una organización con contratos eventuales, construida principalmente por estudiantes de medio tiempo que buscaran un ingreso extra, lo cual funcionó adecuadamente;
- la puesta en marcha requirió de un sistema de trazabilidad de materiales e inventarios, definición de SKU's, así como alineación de políticas de operación y comunicación a través de la cadena de suministro, también se requirió de una planeación operativa semanal y diaria durante este tiempo, donde el equipo tomó decisiones importantes sobre sus operaciones y se llegó a acuerdos;
- hasta el momento en que se elaboró este documento, la MyPE ha producido durante 6 meses, por lo que aún no tiene producto final vendible, esto debido a que el proceso total tarda 8 meses, en 2 meses más iniciará el flujo total de la cadena de suministro con las

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

primeras ventas, este dato permitirá validar mejor el modelo de simulación, al compararlo con lo que suceda en la realidad para la demanda de clientes. Mientras tanto se sigue completando la cadena de suministro con los niveles de inventario planteados por el modelo, con el objetivo de responder apropiadamente a la puesta en marcha.

CONCLUSIONES

Después de haber expuesto la discusión de resultados y recomendaciones propuestas del estudio de caso, se puede concluir que el modelo de simulación, realmente tiene el potencial de apoyar en la toma de decisiones a micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, para tomar decisiones con información más atinada, al momento de diseñar sus cadenas de suministro. Esta aseveración resulta de revisar el nivel de análisis al que se pudo penetrar en el estudio de caso, combinado con lo que se observa en la cadena de suministro de la MyPE en operación, donde ésta información le hubiese apoyado a planear su necesidad de tener inventarios, y el nivel de estos, para generar una cadena de suministro estable. Al darse cuenta de esto, también hubiesen tenido que planear almacenes donde tenerlos, procedimientos y mecanismos de información que asegurasen su flujo, lo cual se detalla en el capítulo 1, como uno de los factores más relevantes inmersos en la problemática que viven las MyPEs en estos momentos. Sin embargo, al revisar directamente con los dueños de la MyPE en operación observada en el capítulo 1, las posibles causas que los llevaron a esta situación, respondieron que durante su incubación siempre manejaron un esquema de cero inventarios de producto terminado y muy poco de materia prima, lo cual no funcionó como ellos esperaban al momento de iniciar operaciones. En ese sentido esta herramienta demostró, con el estudio de caso, que es capaz de arrojar información sobre las consecuencias de tomar una u otra decisión, además de ser apoyo para planes contingentes al pasar de un escenario planeado a otro. Con esto se ha cumplido con el objetivo central propuesto por la tesis: desarrollar y probar una herramienta cuantitativa de modelación y simulación, que apoye realmente a las MyPEs, en los problemas que enfrentan actualmente.

Como discusión externa y de acuerdo con las observaciones hechas durante la investigación, se pudo comprobar que los problemas en MyPEs descritos por Kauffman (2001) y Rodríguez (2000), así como los problemas que tienen en sus cadenas de suministro descritos por la consultora A.T. Kearney (2009); también se demostró que la metodología de simulación propuesta por Averill y Kelton (2000) es útil para cadenas de suministro; además se corroboró la practicidad de simular cadenas de suministro para tomar mejores decisiones de negocios, como lo mencionan Antuela (2012) y Balestrini (2009); por último se demostró la eficacia de utilizar la simulación de dinámica de sistemas, al trabajar sobre cadenas de suministro como lo describen Cedillo (2008), García (2006) y Pruyt (2013).

Lo que se ha presentado aquí es la herramienta general y la forma detallada de aplicarla a una empresa en específico, como trabajo futuro, se podría agregar mayor complejidad observando otros elementos y medidas de desempeño, por analizar. Además probar su implementación con empresas de naturalezas diferentes, ayudaría a robustecerla e incluso validar su uso más amplio, como ejemplo de esto pueden ser: empresas de servicios; empresas que manejen artículos perecederos; empresas que requieran exportar sus productos, medianas o grandes empresas.

Además se remarca la importancia para la economía mexicana, de trabajar mediante investigación seria y formal, el fortalecimiento de los procesos de incubación y sus sistemas bajo el contexto económico y cultural actual en México.

REFERENCIAS

CNNexpansion (2009), página web: <http://www.cnnexpansion.com/emprendedores/2009/06/30/el-gobierno-reclasifica-las-pymes> (Consultado el 1/Noviembre/2014).

Página oficial de la Secretaría de Economía en México (2014), página web: <http://www.economia.gob.mx/> (Consultado el 1/Noviembre/2014).

Kauffman-S. (2001). El desarrollo de las micro, pequeñas y medianas empresas: un reto para la economía mexicana, página web: www.uv.mx/iiesca/revista2001-1/empresas.htm, (Consultado: 18/Octubre/2014).

Rodríguez-Joaquín, (2000). Administración de pequeñas y medianas empresas, quinta edición, Ed. Thomson, Ciudad de México.

Revista *Entrepreneur*, (2014), edición especial *Startups*, Intermex, edición de septiembre, pág. 16 – 59.

Ordoñez-Islas, Pedro-Antonio, (2012). Metodología para el diagnóstico organizacional de PyMEs, Tesis UNAM.

Riquelme-Juan Pablo, (2006). Simulación de cadenas de suministros: El caso de un sistema de préstamo entre bibliotecas de una universidad de México, Tesis UNAM.

Blog de cadena de suministro, (2015), página web: <http://2.bp.blogspot.com/-OskTLz0FGzs/UEUAQGqaN5I/AAAAAAAAHiE/2DpCHsiFE54/s1600/Cadena+de+Suministro.png> (Consultado el 23/marzo/2015).

SAP, (2012). Manual de certificación para *Key User SIP (Site integrated planning)*, Procter & Gamble, EEUU.

Zandin-Kjell, (2005). Maynard manual del ingeniero industrial, McGraw Hill, 2da edición, pág 9.135.

Jackson-Michael, (2002). *Systems approaches to management*, Ed. Kluwer academics, EEUU.

González-Velarde, Mercado-Ríos, (1999). Aplicación del TSP en problemas de manufactura y logística, Revista Ingenierías, Vol. II, No. 4, pág. 18 – 23.

Manzanárez-Nayelli, (2009). Determinación de una política de inventarios para manejo de flujo de efectivo, Tesis UNAM.

Página oficial del Instituto Nacional del Emprendedor, (2014), página web: <https://www.inadem.gob.mx/> (Consultado el 1/Octubre/2014).

Camacho-Jaime Alberto, (2004). Aspectos conceptuales alrededor de las empresas de base tecnológica (EBT's), Universidad Industrial de Santander.

Blog sobre procesos de incubación en Colombia, (2014), página web: <http://www.incubarcolombia.org.co/index.php/articulos/general/77-ique-son-las-empresas-de-base-tecnologica-o-ebts> (Consultado el 2/Noviembre/2014).

Blog sobre problemas de PyMEs en México, (2014), página web: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/garcia_m_f/capitulo2.pdf (Consultado: 30/Oct/2014)

Antún-Juan Pablo, (2004). Logística inversa, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Martínez-Cristina, (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica, Pensamiento y gestión, Núm. 20, Universidad del norte, Colombia.

Hillier-Frederick, Lieberman-Gerald, (2010). Introducción a la investigación de operaciones, Ed. McGraw Hill, 9na Edición, EEUU.

García-Tania, (2015). Presentación del sistema InnovaUNAM, InnovaUNAM Facultad de Ingeniería.

Ries-Eric, (2011). *The lean startup*, Ed. Crown Business, EEUU.

Brown-Tim, (2009). *Change by design*, Ed. Harper Collins, EEUU.

Murty-Katta, (2006). *Forecasting for supply chain and portafolio managament*, Departamento de ingeniería industrial y operativa, Universidad de Michigan, EEUU, edición de noviembre.

Montgomery-Douglas, Runger-George, (2013). Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería, Ed. Limusa Wiley, 2da Edición, EEUU.

Página oficial del software Minitab, 2016, página web: <http://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/>. (Consulta 20 de abril de 2016).

Página oficial del software Easyfit, 2016, página web: <http://www.mathwave.com/easyfit-distribution-fitting.html>. (Consulta 20 de abril de 2016).

Snyder-Ralph, Ord-Keith, Beaumont-Adrian, (2011). *Forecasting the intermittent demand for slow – moving ítems*, Departamento de econometría y estadística de negocios, Universidad de Monash, Australia.

Balci-Osman, (1998). *Handbook of simulation: Principles, methodology, advances, applications and practice, Chapter 10 – Verification, validation and testing*, Ed. John Wiley & Son, EEUU.

Cedillo-Gastón, (2008). Sánchez Ramírez, Cuauhtémoc, Análisis dinámico de sistemas industriales, editorial Trillas, México.

García-Juan Martín, (2006). Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas, 2da Edición, España.

Pruyt, Erik, *Small system dynamics models for big issues*, Ed. *TU Delft library*, 1ra Edición, Holanda, 2013.

Página oficial del software Excel, 2015, página web: https://products.office.com/es-mx/excel?&wt.mc_id=AID552561_SEM_&. (Consulta 13 de marzo de 2015).

INEGI, (2011). Micro, pequeña, mediana y gran empresa, estratificación de los establecimientos, censos económicos 2009, México.

Hargadon-Andrew, (2010). *Into the Valley of Death*, California, Centro de emprendimiento de la Universidad de California Davis, página web: <http://andrewhargadon.com/2010/04/into-the-valley-of-death/>. (Consulta 15 de noviembre de 2014).

Aracil-Javier, (1995). Dinámica de sistemas, 1a edición, Madrid, Isdefe, pág. 7 – 68.

Jiménez-José, (2002). Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logístico, Querétaro, Instituto Mexicano del Transporte, publicación técnica No. 215.

Miranda-Pamela, (2015). *Benchmarking* logístico: Indicadores de desempeño en las cadenas de suministro en México, en *Logistic Summit & Expo*, 8ª edición, Ciudad de México. Memorias de *Logistic Summit & Expo*, Secretaría de Economía, pág. 17.

Consultora AT Kearney, (2009). Evaluación del desempeño de las cadenas de suministro en México, generación de indicadores nacionales, México DF, Secretaría de Economía.

Averill-Law, Kelton-David, (2000). *Simulation Modeling and Analysis*, 3ra edición, Arizona, McGraw-Hill, pág. 1 - 290.

Persson-Fredrik, (2011). *SCOR template - A simulation based dynamic supply chain analysis tool*, *International Journal of Production Economics*, vol. 131, núm. 1, mayo, pág. 288 – 294.

Tako-Antuela, (2012). *The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context*, *Decision Support Systems*, vol. 52, núm. 4, marzo, pág. 802 - 815.

Balestrini-Robinson, (2009). *On modeling and simulation methods for capturing emergent behaviors for systems of systems*, memorias de 12th *annual systems engineering conference*, *National defense industrial association* y *Georgia Institute of Technology*, San Diego California, pág. 22.

Sampieri-Roberto, (2014). Metodología de la investigación, 6ta edición, México, McGraw-Hill, pág. 355 – 528.

Osterwalder-Alexander, Pigneur-Yves, (2010). *Business Model generation*, 1ra edición, EEUU, John Willey & Son Inc, pág. 14 – 51.

Página oficial del software Vensim, descarga gratuita del software (en línea), 2015, página web: Disponible en www.vensim.com. (Consulta 23 de abril de 2015).

Chin-Too Ai, (2012). *Adoption of supply chain management in SME's*.

Hernández-Octavio, (2013). La gestión de proveedores: Estrategia clave para una mejor gestión de la cadena de suministro en la MyPE manufacturera de Aguascalientes.

Maldonado-Grisel, (2009). Cadena de suministro global, un reto para México.

Vaaland-Terje, (2007). *Can the SME survive the supply chain challenges?*

Thakkar-Jitesh, (2008). *A conceptual role interaction model for supply chain management in SMEs*.

Hernández-Rodolfo, (2010). Desempeño de las cadenas de suministro en México, Secretaría de Economía.

Bernard-Neil, (2008). *A composite framework of supply chain management and enterprise planning for small and medium-sized manufacturing enterprises*.

Koh-Lenny, (2007). *The impact of supply chain management practices on performance of SMEs*.

Zuluaga-Abdul, (2014). Indicadores logísticos en la cadena de suministro como apoyo al modelo SCOR.

Kirby-Carlos, (2011). La logística como factor de competitividad de las MyPEs en las américas, Banco Interamericano de Desarrollo.

Villarreal-Francisco, (2012). La creación de valor a través de una logística integral en la pequeña y mediana empresa de sector calzado en León, Universidad Autónoma de Querétaro.

Armenta-Mijail, (2010). Logística: el reto competitivo de las MyPEs mexicanas.

Bautista-Horacio, (2013). Propuesta metodológica para el diseño de un sistema experto que ayude a determinar el nivel de planificación colaborativa en cadenas de suministro de PyMEs mexicanas.

Cano-Patricia, (2015). Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México.

Aguilera-Luis, (2014). El rendimiento de la MyPE manufacturera a través de la gestión de los proveedores y de la cadena de suministro.

Thakkar-Jitesh, (2008). *Supply chain management in SMEs: Development of constructs and propositions*.

Thakkar-Jitesh, (2009). *Supply chain management for SMEs: a research introduction*.

Pierreval-Henri, (2007). *A continuous simulation approach for supply chains in the automotive industry.*

Amini-Mehdi, (2012). *Alternative supply chain production - sales policies for new product diffusion: an agent - based modeling and simulation approach.*

Kumari-Sushma, (2015). *A multi-agent architecture for outsourcing SMEs manufacturing supply chain.*

Seco-Alexandra, (2014). *A multi-agent supply chain simulation analysis through a statistical mixed model.*

Longo-Francesco, (2008). *An advanced supply chain management tool based on modeling and simulation.*

Komoto-H., (2011). *Analyzing supply chain robustness for OEMs from a life cycle perspective using life cycle simulation.*

Chen-Yuh Jen, (2009). *An XML-based modular system analysis and design for supply chain simulation.*

Ding-Hongwei, (2006). *A simulation-based multi-objective genetic algorithm approach for networked enterprises optimization.*

Barra-José, (2010). *Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company.*

Pitty-Suresh, Li-Wenkai, Adhitya-Arief, Srinivasan-Rajagopalan, Karimi-I.A., *Decision support for integrated refinery supply chains, part 1, dynamic simulation.*

Higuchi-Toru, (2004). *Dynamic simulation of the supply chain for a short life cycle product - Lessons from the Tamagotchi case.*

Ashayeri-J., (2006). *Economic value added of supply chain demand planning: A system dynamics simulation.*

Persson-Fredrik, (2009). *The development of a dynamic supply chain analysis tool - Integration of SCOR and discrete event simulation.*

Antún-Juan Pablo, (2004). *Benchmarking de procesos logísticos, revista ingeniería UNAM.*

Villegas F., Morán. (2006). *Supply chain dynamics, a case study on the structural causes of the bullwhip effect, revista ingeniería UNAM.*

Álvarez-C.A., (2007). *Control de inventarios y su aplicación en una compañía de telecomunicaciones, revista ingeniería UNAM.*

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

Carvalho-Helena, (2012). *Supply chain redesign for resilience using simulation*.

Antún-Juan Pablo, (2005). Indicadores de desempeño (*benchmarking*) de procesos logísticos, Instituto de Ingeniería UNAM.

Baca-Gabriel, (2010). Evaluación de proyectos, 6ta edición, editorial McGraw Hill, México.

APÉNDICE 1: DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA ELABORACIÓN DE LOS MODELOS GENERALES

El presente apéndice tiene como objetivo describir detalladamente cómo se construyó el modelo conceptual, el diagrama causal de relaciones y el modelo programado, en su forma general, cómo se muestra en el capítulo 3, así como la lógica que se utilizó para hacerlos.

Modelo conceptual.

Primero se explicará la construcción del modelo conceptual. Para iniciar su construcción se tomó en cuenta el flujo de materiales común en casi cualquier cadena de suministro, como lo muestra la Figura B1.1.

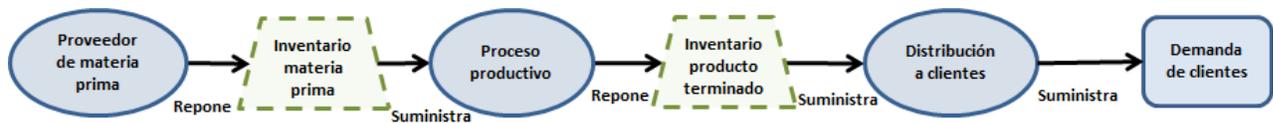


Figura B1.1. Construcción del modelo conceptual parte 1.

La conceptualización inicia en el proveedor de materia prima, quien envía materiales al proceso productivo, sin embargo para esta construcción consideramos como paso intermedio el almacenamiento de inventario de materia prima, este elemento puede dejarse o eliminarse, dependiendo del riesgo que tenga dicha materia prima de agotarse y dejar de suministrar al proceso productivo. La unión entre elementos, de acuerdo con las acotaciones definidas y explicadas en el capítulo 3, se hace mediante el movimiento de producto o material físico, ya que en este punto, se representa el flujo real del material hacia adelante en la cadena de suministro.

De igual manera el proceso productivo se encarga de producir el producto terminado para enviarlo a la distribución de los clientes, sin embargo como etapa intermedia puede existir la necesidad de almacenar inventario de producto terminado, esto debe ser evaluado dependiendo de la naturaleza del proceso a simular. Por último, el proceso de distribución a clientes suministra a la demanda de los clientes. En esta primera parte de la construcción, todos los elementos, con excepción de los inventarios, son operativos ya que en ellos se lleva a cabo una transformación física del producto, aún en la distribución a clientes, donde se mueve de un lugar a otro. Los inventarios aunque son elementos financieros, debieron ser tomados en cuenta, por que por ahí pasa material físico, aunque en este elemento no sufren una transformación y más bien afectan los flujos financieros; además se consideran como variables, ya que el valor de inventario de seguridad que contiene, debe ajustarse dependiendo del comportamiento de la cadena, para que la misma sea estable. Todos los elementos operativos son parámetros, ya que se comportan siempre de la misma forma, tienen patrones similares de transformación a través del tiempo y lo único que se modifica son sus entradas y salidas; el único elemento operativo que no es parámetro es la demanda de clientes, este elemento se comportará como una distribución de probabilidad, cuyo valor será basado en números aleatorios y será diferente en cada etapa del tiempo. En cuanto a la relación entre elementos, básicamente los operativos reponen con materia

prima o producto terminado, los faltantes de inventario cuando este baja de su inventario de seguridad, a su vez los inventarios suministran de materiales al siguiente elemento operativo.

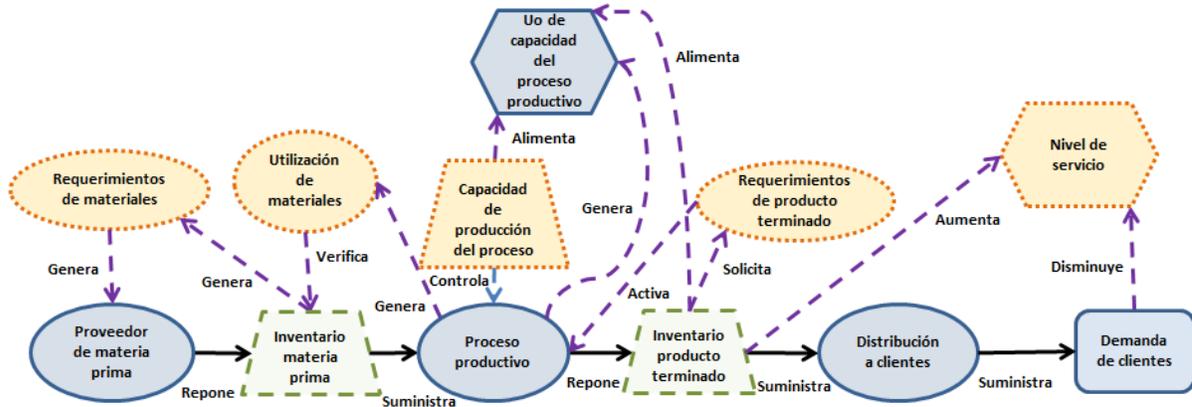


Figura B1.2. Construcción del modelo conceptual parte 2.

En la Figura B1.2, se han agregado los elementos de información, que en su mayoría fluyen en sentido contrario al del producto físico. Dentro de estos elementos de información aparece el uso de la capacidad del proceso productivo, como un elemento operativo y medida de desempeño, este elemento permite saber cuál es el porcentaje de la capacidad instalada que se está utilizando en cada momento de tiempo, lo que permite evaluar el desempeño del proceso productivo. Otra medida de desempeño que se integra, pero ahora de información, es el nivel de servicio, dicho elemento evalúa, en un porcentaje, el número de productos terminados que están disponibles en el momento que el cliente los demanda, es decir si existen faltantes de producto terminado al momento en que el cliente lo requiere, el porcentaje de nivel de servicio disminuye, a medida que el inventario crece, se corre menos riesgo de sufrir faltantes por eso el nivel de servicio aumenta, sin embargo si la demanda del cliente crece hay más riesgo de que el nivel de servicio disminuya. Para los demás elementos el funcionamiento es el siguiente, cuando el inventario de producto terminado tiene niveles por debajo de su inventario de seguridad, solicita producto al proceso productivo, mediante un aviso al elemento requerimientos de producto terminado, quién a su vez activa al proceso productivo, cada vez que el proceso productivo se activa, envía información al elemento uso de la capacidad del proceso, para verificar el porcentaje de uso, de acuerdo a la capacidad de producción que se haya definido en dicho elemento y que a su vez controla el uso máximo que se le puede dar al proceso productivo. Por cada unidad que proceso productivo realice, se genera una utilización de materiales para el proceso, dicho elemento evalúa si hay una cantidad suficiente en el inventario de materia prima, para que el proceso no se detenga, en caso de que el inventario de materia prima tenga niveles por debajo del inventario de seguridad, entonces activa al elemento requerimiento de materiales, quien dispara una solicitud de materia prima al proveedor para reponer el inventario de materia prima. Todos estos elementos de información se relacionan entre sí, mediante conectores de flujo de información. Todos los elementos de información, a excepción de la capacidad de producción, son parámetros, ya que siguen las mismas reglas para activar o desactivar otros elementos, la capacidad de producción es

una variable, ya que es un valor determinado por quién simula, que puede estar basado en una investigación de la capacidad máxima posible o en una decisión específica, por ejemplo la utilización de menos instalaciones o mano de obra, para generar ahorros.

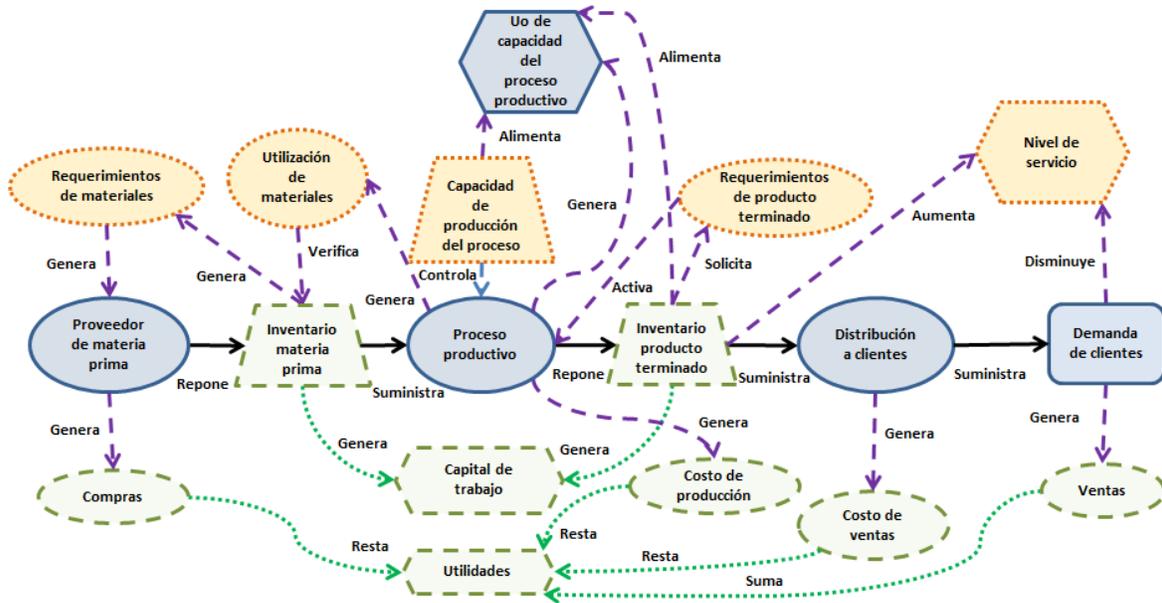


Figura B1.3. Construcción del modelo conceptual parte 3.

La última parte en la construcción del modelo conceptual, es la introducción de los elementos financieros, que podemos observar en la Figura B1.3. Estos elementos son los más relevantes para la toma de decisiones entre diferentes escenarios, sus valores son resultado de cómo se comporten los elementos explicados anteriormente, dichas interacciones se explicarán a continuación.

Cada vez que se genera un pedido de materia prima al proveedor, también se genera una compra por el valor de cada pieza; cada vez que el proceso productivo genera una unidad de producto terminado, se genera costo de producción; cada vez que se distribuye una unidad de producto terminado, se genera costo de venta; por último cada vez que el cliente demanda una unidad de producto terminado, se genera una venta. La medida de desempeño más importante del modelo son las utilidades, que es un elemento financiero, este elemento se da como resultado de sumar las ventas, restar las compras, los costos de producción y los costos de ventas. Se tiene además otra medida de desempeño financiera, que es el capital de trabajo, el cual se genera al sumar el número de unidades que hay en los diferentes elementos del inventario, dándole un valor monetario por pieza, dependiendo de la etapa del proceso donde se encuentre el inventario, es decir el inventario que se encuentre más adelante en la cadena de suministro, tendrá un costo más elevado, por qué ya tiene incluidas más transformaciones. Al final, el capital de trabajo lo que indica es el dinero que se tiene invertido en inventario en ese momento, para toda la cadena de suministro. Los elementos operativos se relacionan con los elementos financieros mediante conectores de información, ya que debe existir una traducción de lo que significa cada

transformación del proceso, a un monto financiero. Los elementos financieros se relacionan entre sí mediante conectores financieros, lo que significa movimiento de dinero entre ellos.

Diagrama de relaciones causales.

Para construir este diagrama se utilizó la misma lógica que en el diagrama conceptual, iniciando por el flujo de materiales físicos, cómo se muestra en la Figura B1.4.

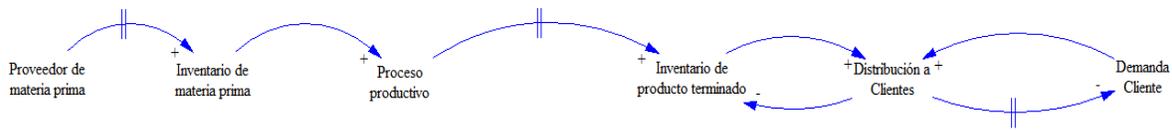


Figura B1.4. Construcción del diagrama de relaciones causales parte 1.

En esta parte el material físico fluye hacia el frente, teniendo todos los elementos, relaciones causales positivas, es decir si uno aumenta el otro también lo hace, por ejemplo si aumentan los pedidos de materia prima al proveedor, el inventario de materia prima aumentará; los únicos elementos que no siguen esta lógica son los de distribución a clientes con la demanda del cliente, esto se debe a que , si aumentan las unidades distribuidas a los clientes, disminuyen las unidades demandas por el cliente, ya que se cubren más productos, por el contrario si la distribución a clientes disminuye entonces la demanda aumenta, por qué se quedan órdenes demandadas sin abastecer, a ellas se le suman las nuevas unidades demandas en cada periodo del tiempo, además si la demanda de clientes aumenta, también aumenta la necesidad de distribuir más productos a los clientes y si esta necesidad de distribución aumenta el movimiento del inventario de producto terminado hacia adelante debe aumentar, reduciendo su valor, por eso entre la distribución a clientes e inventario de producto terminado, existe una relación causal negativa.

Otro punto importante a mencionar, son los retardos que se indican entre el proveedor de materia prima y el inventario de materia prima, entre el proceso productivo y el inventario de producto terminado, entre la distribución a clientes y la demanda cliente, estos retardos indican que hay un tiempo de entrega que debe ser considerado entre esos elementos, entre los otros elementos no se consideró retardo, ya que el producto se encuentra disponible para usarse en cualquier momento.

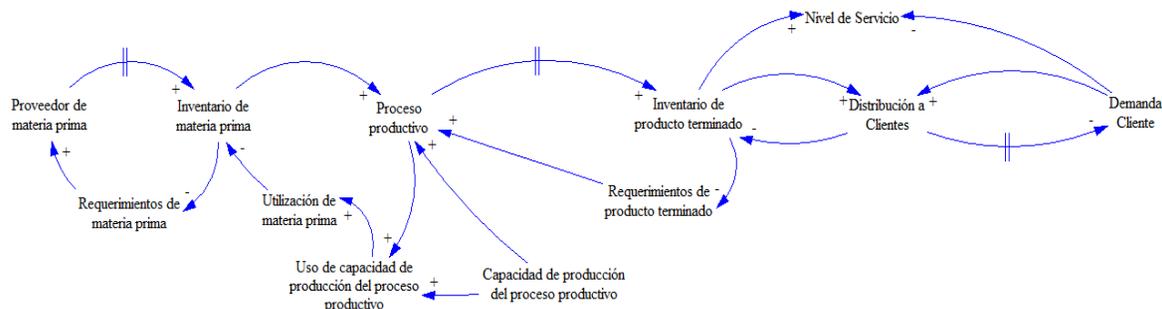


Figura B1.5. Construcción del diagrama de relaciones causales parte 2.

Por último se añaden los elementos financieros como se muestra en la Figura B1.6. Iniciando con las compras que son influidas por las órdenes solicitadas al proveedor de materia prima, donde se tiene una relación positiva, a más órdenes más será el monto de compras, la misma lógica siguen los costos de producción con el proceso productivo, los costos de ventas con la distribución a clientes y las ventas con la demanda del cliente. En el caso de las utilidades, este elemento se ve influido por todos los elementos financieros mencionados anteriormente, teniendo una relación causal negativa con las compras, el costo de producción y el costo de ventas, ya que al aumentar estos valores disminuyen las utilidades, por último guarda una relación positiva con las ventas, al aumentar éstas, también lo harán las utilidades.

Modelo de simulación programado.

Para construir el modelo de simulación programado, se utiliza la lógica del diagrama conceptual y las relaciones establecidas en el diagrama causal de relaciones. Así iniciamos su construcción con el flujo de materiales físicos, cómo se muestra en la Figura B1.7.

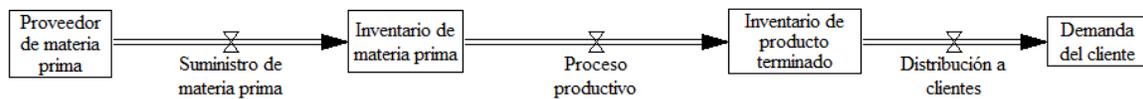


Figura B1.7. Construcción del modelo de simulación programado parte 1.

En la Figura B1.7 se muestran figuras utilizadas por la dinámica de sistemas. Los rectángulos son variables acumulativas que suman automáticamente sus valores con en cada periodo del tiempo. Las flechas con válvula, expresan flujo, en este caso es el flujo de los materiales, las válvulas de flujo que tienen en su inicio una variable acumulativa, le restan valores a la misma para transferirlos hasta la variable acumulativa al final de la flecha. Es por eso que los procesos de transformación se reflejan como válvulas y los inventarios cómo variables acumulativas. En la Figura B1.7, los materiales de la cadena de suministro pasan a través de las variables acumulativas, mediante su movimiento a través de las válvulas de flujo.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

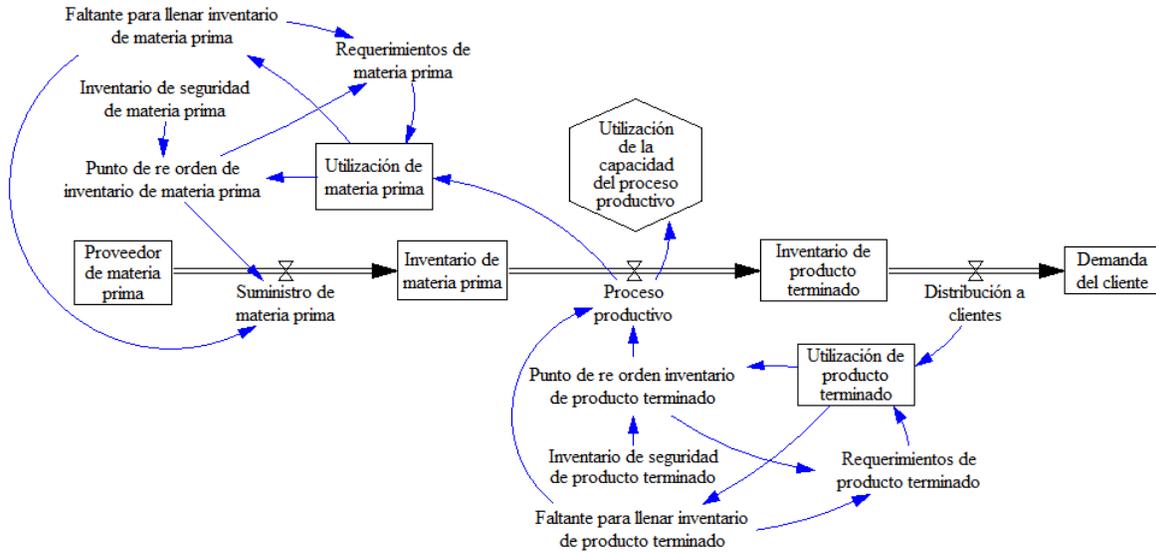


Figura B1.8. Construcción del modelo de simulación programado parte 2.

En la Figura B1.8, se agregan los elementos de información que retroalimentan a la cadena de suministro. Los elementos que no están contenidos en ninguna figura son variables normales, cuyo valor cambia en cada periodo del tiempo y no es acumulativo. Todas las flechas en color azul denotan una relación entre los elementos a los que une, gracias a esta flecha se puede usar algún elemento en la fórmula de otro. Los elementos contenidos en un hexágono, manifiestan una medida de desempeño, en este caso el uso de la capacidad del proceso productivo, que es un porcentaje de la capacidad instalada total, entre el uso que se le da por cada periodo del tiempo. Los elementos de información tienen un flujo contrario al de los materiales e inician en la distribución a clientes, de donde se toma el número de unidades enviadas para satisfacer la demanda del cliente. Esta información alimenta a la utilización de producto terminado, que es una variable acumulativa, este elemento define el número de unidades que se requieren para distribución de clientes y hace un conteo informativo del inventario de producto terminado en tiempo real. El dato de la utilización de producto terminado influye sobre dos elementos, el punto de re orden de producto terminado y el faltante para llenar el inventario de producto terminado. El punto de re orden evalúa si el conteo del inventario en el elemento utilización de producto terminado, es mayor o menor que el inventario de seguridad definido, en caso de ser menor el punto de re orden se activa e indica al proceso productivo que debe producir la cantidad que defina el elemento faltante para llenar inventario, que a su vez refleja el número de unidades requeridas para volver a llenar el inventario. El elemento requerimientos de producto terminado registra, de manera informativa, cuántas unidades se produjeron en ese periodo del tiempo si es que el punto de re orden se activó, esta información de unidades producidas se pasa al elemento utilización de producto terminado, para que se lleve el conteo del inventario adecuadamente. El conteo del inventario requiere hacerse de manera informativa y no puede tomarse directamente del elemento inventario de producto terminado, debido a que en este último el inventario e mueve con los tiempos de demora de las válvulas de flujo, lo que tendría como consecuencia una reacción tardía, de los elementos anteriores que deben suministrar materiales. Este mismo flujo

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

de información se da pero en la materia prima, teniendo como dato de entrada las unidades realizadas en el proceso productivo, por periodo de tiempo.

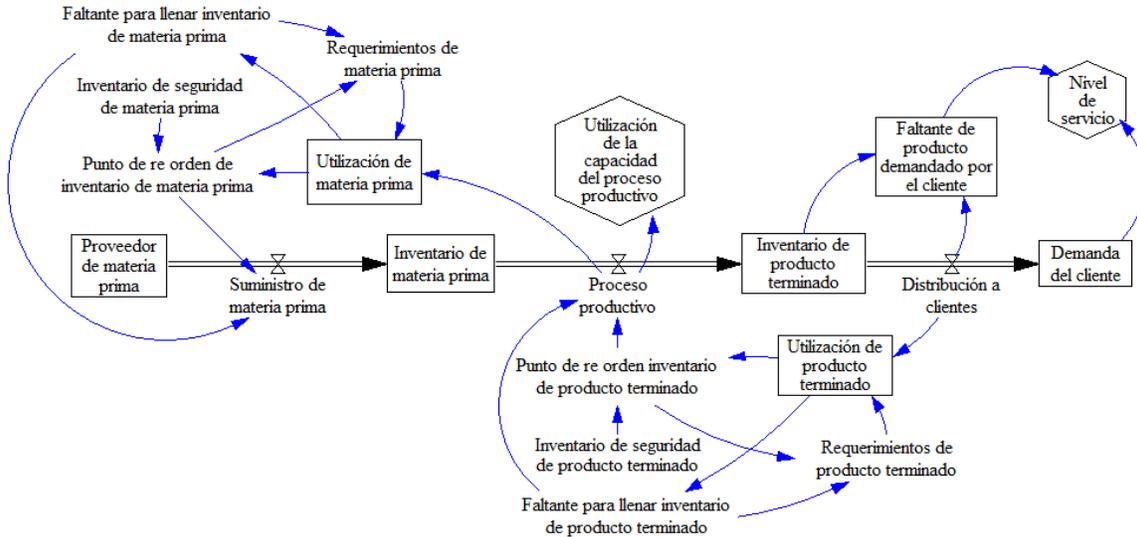


Figura B1.9. Construcción del modelo de simulación programado parte 3.

En la Figura B1.9 se agregan dos elementos, el faltante de producto demandado por cliente que es una variable acumulativa y la medida de desempeño nivel de servicio. El faltante de producto demandado por el cliente, define si hay más o menos productos en el inventario que los demandados por el cliente, en caso de que hagan falta, se registra la cantidad para después pasarla al nivel de servicio, que es el porcentaje de pedidos que son demandados por el cliente y cumplidos, en el total del tiempo que dure el análisis.

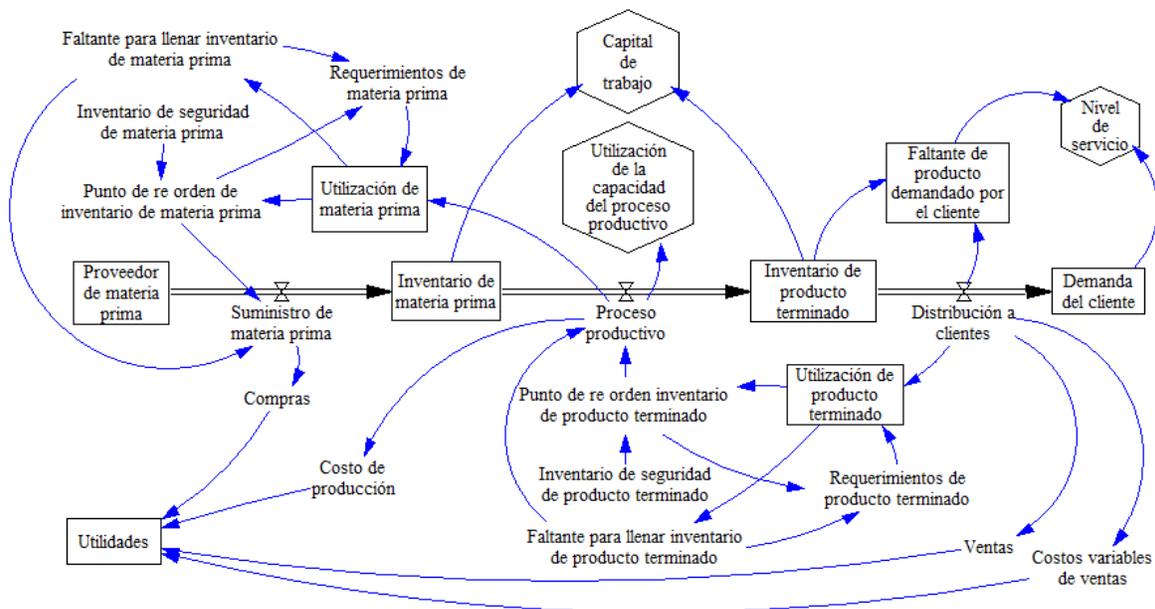


Figura B1.10. Construcción del modelo de simulación programado parte 4.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

En la Figura B1.10 se añaden los elementos financieros, que siguen la misma lógica que la explicada en el modelo conceptual. Aquí se muestra otra medida de desempeño que es las utilidades, este elemento es una variable acumulativa, por eso no se puede colocar dentro de un hexágono y se encierra dentro de un rectángulo. Las utilidades son el resultado de sumar los montos de venta y restar las compras, costos de producción y costos variables de ventas. Por último la medida de desempeño de capital de trabajo, suma el valor monetario de todo el inventario que se haya producido, por cada periodo del tiempo.

ANEXO 1: ESTRUCTURA DE LA ENTREVISTA DE CAMPO

Nombre de la empresa:

Nombre del entrevistado:

Posición en la empresa:

Años de operación de la empresa:

Servicio que presta:

- 1.- ¿Podría describir de manera breve a que se dedica su empresa?
- 2.- ¿Podría describir brevemente cómo es su proceso productivo desde proveedores hasta clientes?
- 3.- ¿Cuáles son los elementos de ese proceso que usted considera y planea actualmente?
- 4.- ¿Tenía usted certeza de cómo considerar y planear estos elementos antes de iniciar operaciones?
- 5.- De los siguientes elementos, podría comentar cuáles consideró usted antes de empezar su operación y cuáles durante la marcha de su operación (contestar sí o no):

#	Elemento	Incubación	Operación
1	¿Quiénes son sus proveedores?		
2	¿Cuál es el proceso de compras a sus proveedores?		
3	¿Cuál es el tiempo de entrega por materia prima y proveedor?		
4	¿Cuál es el pedido mínimo contratado/acordado con cada proveedor?		
5	¿Cuánto inventario de materia prima tener?		
6	¿Cómo es su proceso productivo?		
7	¿Cómo registrar y abastecer los requerimientos de materiales a través del proceso?		
8	¿Cuánto inventario de producto en proceso tener?		
9	¿Cuál es el proceso de almacenamiento?		
10	¿Cómo controlar materiales y productos almacenados?		

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

11	¿Cuánto inventario de producto terminado?		
12	¿Cómo disponer los residuos?		
13	¿Cómo disponer los productos de mala calidad? Materia prima y producto terminado		
14	¿Quiénes son sus clientes y cuál es la prioridad de cada uno?		
15	¿Cómo llevar sus procesos de distribución?		
16	¿Cuál es la demanda planeada de sus productos por mes?		
17	¿Cuál es el proceso de pago de los productos por parte de los clientes?		
18	¿Cómo se hace la planeación de la producción?		
19	¿Cuáles son los tiempos de entrega por producto?		
20	¿Cuál es la capacidad de producción del proceso productivo?		
21	¿Cuál es el tamaño de orden mínimo a producir y la flexibilidad del proceso? (Cambios de versión)		
22	¿Cómo se lleva el control financiero y flujo de efectivo? (Presupuestos, dinero en capital, inventarios)		
23	¿Se tiene trazabilidad del producto? Número de lote, código de barras, etc.		

Tabla A1.1. Estructura de la entrevista de campo parte 1.

6.- ¿Cuáles de estos elementos considera más importantes de tomar en cuenta antes de iniciar operaciones? Coloque con un número a la derecha del elemento, con mayor número el más importante y menor número el menos importante, colocando un cero si no lo considera importante y un N/S si no lo conoce o no sabe.

Elemento	Prioridad
Procesos de compra y proveedores	
Inventarios	
Capacidad de producción	
Planeación de la producción	

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

Distribución	
Procesos de almacén	
Control financiero y flujo de efectivo	
Procesos de venta y clientes	
Planeación de la demanda	
Disposición de residuos	

Tabla A1.2. Estructura de la entrevista de campo parte 2.

7.- ¿Cuáles de estos elementos considera más importantes de tomar en cuenta durante la marcha de la operación? Coloque con un número a la derecha del elemento, con mayor número el más importante y menor número el menos importante, colocando un cero si no lo considera importante y un N/S si no lo conoce o no sabe.

Elemento	Prioridad
Procesos de compra y proveedores	
Inventarios	
Capacidad de producción	
Planeación de la producción	
Distribución	
Procesos de almacén	
Control financiero	
Procesos de venta y clientes	
Planeación de la demanda	
Disposición de residuos	

Tabla A1.3. Estructura de la entrevista de campo parte 3.

8.- ¿Qué experiencias ha tenido durante su operación, que se tradujeron en costos, y que hubiesen podido ser evitados al planear estos elementos?

Elemento	Problemas
Procesos de compra y proveedores	
Inventarios	
Capacidad de producción	
Planeación de la producción	
Distribución	
Procesos de almacén	
Control financiero	
Procesos de venta y clientes	
Planeación de la demanda	
Disposición de residuos	

Tabla A1.4. Estructura de la entrevista de campo parte 4.

9.- ¿A usted le hubiese servido tener una herramienta que le permitiese tener información más detallada de estos elementos antes de la operación? Coloque con un número a la derecha de la herramienta, con mayor número el más importante y menor número el menos importante, colocando un cero si no lo considera importante y un N/S si no lo conoce o no sabe. Si tiene otras alternativas favor de mencionarlas.

Herramienta	Prioridad
Procedimiento escrito	
Software – Programa de cómputo	
Software – Hoja de cálculo	
Consultor – asesor experimentado	
Simulador	
Encuestas de mercado	
Cursos de redes sociales (Facebook, twitter, etc)	

Tabla A1.5. Estructura de la entrevista de campo parte 5.

10.- ¿Cómo le hubiese ayudado a ahorrar costos o ganar oportunidades de mercado, el haber tenido mayor información sobre estos elementos durante su incubación?

Elemento	Oportunidades
Procesos de compra y proveedores	
Inventarios	
Capacidad de producción	
Planeación de la producción	
Distribución	
Procesos de almacén	
Control financiero	
Procesos de venta y clientes	
Planeación de la demanda	
Disposición de residuos	

Tabla A1.6. Estructura de la entrevista de campo parte 6.

11.- ¿Considera viable conocer esto durante la incubación (antes de la operación)? En caso de responder que no ¿Por qué?

#	Elemento	¿Viable?	¿Por qué no?
1	¿Quiénes son sus proveedores?		
2	¿Cuál es el proceso de compras a sus proveedores?		
3	¿Cuál es el tiempo de entrega por materia prima y proveedor?		
4	¿Cuál es el pedido mínimo contratado/acordado con cada proveedor?		
5	¿Cuánto inventario de materia prima tener?		
6	¿Cómo es su proceso productivo?		
7	¿Cómo registrar y abastecer los requerimientos de materiales a través del proceso?		

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

8	¿Cuánto inventario de producto en proceso tener?		
9	¿Cuál es el proceso de almacenamiento?		
10	¿Cómo controlar materiales y productos almacenados?		
11	¿Cuánto inventario de producto terminado?		
12	¿Cómo disponer los residuos?		
13	¿Cómo disponer los productos de mala calidad? Materia prima y producto terminado		
14	¿Quiénes son sus clientes y cuál es la prioridad de cada uno?		
15	¿Cómo llevar sus procesos de distribución?		
16	¿Cuál es la demanda planeada de sus productos por mes?		
17	¿Cuál es el proceso de pago de los productos por parte de los clientes?		
18	¿Cómo se hace la planeación de la producción?		
19	¿Cuáles son los tiempos de entrega por producto?		
20	¿Cuál es la capacidad de producción del proceso productivo?		
21	¿Cuál es el tamaño de orden mínimo a producir y la flexibilidad del proceso? (Cambios de versión)		
22	¿Cómo se lleva el control financiero y flujo de efectivo? (Presupuestos, dinero en capital, inventarios)		
23	¿Se tiene trazabilidad del producto? Número de lote, código de barras, etc.		

Tabla A1.7. Estructura de la entrevista de campo parte 7.

ANEXO 2: CHECKLIST DE PREGUNTAS PARA OBTENCIÓN DE DATOS Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO

#	Componente de la cadena	Pregunta	Comentarios
1	Proveedores	¿Cuáles son los proveedores que utilizaré?	
2	Proveedores	¿Cuáles son los requerimientos que deben cumplir los proveedores?	
3	Proveedores	¿Cuáles son los tiempos de entrega?	
4	Proveedores	¿Cuál es su lote de producción mínimo?	
5	Proveedores	¿Cuál es su capacidad de producción?	
6	Proveedores	¿Dónde almacenará la producción?	
7	Proveedores	¿Qué requerimientos debe cumplir en el almacenamiento de la producción?	
8	Proveedores	¿Cuánto tiempo tarda en llegar su producción a mi planta?	
9	Proveedores	¿Cuál es el proceso de "orden de compra" que sigue?	
10	Proveedores	¿Cuál es el costo de la producción?	
11	Proveedores	¿Cuál es el proceso de flujo de información que sigue?	
12	Proveedores	¿Cómo es su proceso de devolución de producto no conforme a calidad?	
13	Inventario de materia prima	¿Cuáles son los requerimientos, en cantidad, de material por pieza?	
14	Inventario de materia prima	¿Cuáles son los requerimientos de almacenamiento que debo cumplir?	
15	Inventario de materia prima	¿Qué esquema de inventarios utilizaré? (<i>Push, pull, safety</i>)	
16	Inventario de materia prima	¿Cuál será mi inventario de seguridad?	
17	Inventario de	¿Cuánto costará mi inventario de seguridad?	

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

	materia prima		
18	Inventario de materia prima	¿Cómo llevaré un control de lo que tengo físicamente en inventario?	
19	Inventario de materia prima	¿Cómo será el flujo de información de las piezas que entran al almacén y las que salen a producción?	
20	Inventario de materia prima	¿Cómo será el flujo de materiales físicos que entran al almacén y los que salen a producción?	
21	Inventario de materia prima	¿Cómo llevaré el control de los materiales perecederos?	
22	Inventario de materia prima	¿Cada cuánto analizaré cambios en los niveles de inventario?	
23	Inventario de materia prima	¿Qué infraestructura debo tener para el movimiento de materiales? (Montacargas, personas, patines)	
24	Inventario de materia prima	¿Cómo dispondré el material que no esté conforme a calidad?	
25	Inventario de materia prima	¿Se requiere tener inventario de producto en proceso?	
26	Proceso de producción	¿Cuáles son las versiones de producción que realizaré?	
27	Proceso de producción	¿Cómo fabricaré mi producto?	
28	Proceso de producción	¿Cuál es mi capacidad de producción?	
29	Proceso de producción	¿Cuál es mi tiempo de fabricación?	
30	Proceso de producción	¿Qué requerimientos debo cumplir para fabricar el producto?	
31	Proceso de producción	¿Cómo se realizará el proceso de cédula de producción? (Cumplimiento a órdenes, flujo de información)	
32	Proceso de producción	¿Cómo se dará el flujo de materiales durante el proceso productivo?	

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

33	Proceso de producción	¿Cuáles serán mis procesos de cambios de versión de producción?	
34	Proceso de producción	¿Cuál será mi tamaño de producción mínimo?	
35	Proceso de producción	¿Cómo se dará el flujo de información hacia el almacén de materia prima de los requerimientos de producción?	
36	Proceso de producción	¿Cómo se dará el flujo de materiales desde el almacén de materia prima de los requerimientos de producción?	
37	Inventario de producto en proceso	¿Se requiere tener inventario de producto en proceso?	
38	Inventario de producto en proceso	¿Qué esquema de inventarios utilizaré? (<i>Push, pull, safety</i>)	
39	Inventario de producto en proceso	¿Cuál será mi inventario de seguridad?	
40	Inventario de producto en proceso	¿Cuánto costará mi inventario de seguridad?	
41	Inventario de producto en proceso	¿Cómo llevaré un control de lo que tengo físicamente en inventario?	
42	Inventario de producto en proceso	¿Cómo será el flujo de información de las piezas que entran al almacén y las que salen a producción?	
43	Inventario de producto en proceso	¿Cómo será el flujo de materiales físicos que entran al almacén y los que salen a producción?	
44	Inventario de producto en proceso	¿Cómo llevaré el control de los materiales perecederos?	
45	Inventario de	¿Cada cuánto analizaré cambios en los niveles de	

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

	producto en proceso	inventario?	
46	Inventario de producto en proceso	¿Qué infraestructura debo tener para el movimiento de materiales? (Montacargas, personas, patines)	
47	Inventario de producto en proceso	¿Cómo dispondré el material que no esté conforme a calidad?	
48	Inventario de producto terminado	¿Se requiere tener inventario de producto en proceso?	
49	Inventario de producto terminado	¿Qué esquema de inventarios utilizaré? (<i>Push, pull, safety</i>)	
50	Inventario de producto terminado	¿Cuál será mi inventario de seguridad?	
51	Inventario de producto terminado	¿Cuánto costará mi inventario de seguridad?	
52	Inventario de producto terminado	¿Cómo llevaré un control de lo que tengo físicamente en inventario?	
53	Inventario de producto terminado	¿Cómo será el flujo de información de las piezas que entran al almacén y las que salen a producción?	
54	Inventario de producto terminado	¿Cómo será el flujo de materiales físicos que entran al almacén y los que salen a producción?	
55	Inventario de producto terminado	¿Cómo llevaré el control de los materiales perecederos?	
56	Inventario de producto	¿Cada cuánto analizaré cambios en los niveles de	

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

	terminado	inventario?	
57	Inventario de producto terminado	¿Qué infraestructura debo tener para el movimiento de materiales? (Montacargas, personas, patines)	
58	Inventario de producto terminado	¿Cómo dispondré el material que no esté conforme a calidad?	
59	Inventario de producto terminado	¿Cómo será el proceso de control de calidad sobre el producto terminado?	
60	Clientes	¿Cómo serán mis procesos de distribución a clientes?	
61	Clientes	¿Cómo serán mis procesos de venta? (En cuanto a intercambio de producto físico)	
62	Clientes	¿Cómo serán mis procesos de venta? (En cuanto a intercambio de información: notas de venta, facturación)	
63	Clientes	¿Cómo serán mis procesos de determinación de la demanda para planear la producción?	
64	Clientes	¿Cómo realizaré mis procesos de planeación de la producción? (Prioridad a ciertos clientes, plan semanal y diario)	
65	Clientes	¿Cuál es mi nivel de servicio esperado a clientes? (Medido en porcentaje, productos entregados en tiempo)	
66	Clientes	¿Cuáles serán mis horizontes de planeación a corto, mediano y largo plazo?	
67	Clientes	¿Cuál será mi proceso de disposición de producto devuelto por el cliente?	
68	Finanzas	¿Cómo llevaré el control financiero de ventas?	
69	Finanzas	¿Cómo llevaré el control financiero de costos?	
70	Finanzas	¿Cómo llevaré el control fiscal?	
71	Finanzas	¿Cuál es mi objetivo en cuanto a utilidades?	

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

72	Finanzas	¿Cuál es mi objetivo en cuanto a capital de trabajo sostenible? (Inventario a lo largo de la cadena, financiamientos)	
73	Finanzas	¿Tengo compromisos a pagar con inversores o deudas?	
74	Finanzas	¿Cuál es mi objetivo en cuanto a flujo de efectivo disponible? (Dinero que puede utilizarse de manera inmediata)	
75	Sustentabilidad	¿Cuáles son los desechos o subproductos que se obtendrán a partir del proceso productivo normal?	
76	Sustentabilidad	¿Cómo se dispondrán esos desechos o subproductos?	

Tabla A2.1. Cuestionario utilizado para la conceptualización del modelo.

ANEXO 3: DATOS CUANTITATIVOS PARA LA GENERACIÓN DEL MODELO PROGRAMADO

Escenario de minoristas:

Elemento	Tipo de Elemento	Naturaliza del Elemento	Dato	Valor	Unidad de Medida	¿Requirió experimentación?
Reactivo 1	Operativo	Parámetro	Tiempo de entrega	30	Días	
			Cantidad de pérdida mínimo	500	Gramos	
			Concentración en medio de cultivo 1	0.000003	Gramos / Litro	Si
			Concentración en medio de cultivo 2	0.00043	Gramos / Litro	Si
			Costo	2.45	\$MXN / Gramo	
Reactivo 2	Operativo	Parámetro	Tiempo de entrega	30	Días	
			Cantidad de pérdida mínimo	1000	Gramos	
			Concentración en medio de cultivo 1	0.044	Gramos / Litro	Si
			Concentración en medio de cultivo 2	0.000001	Gramos / Litro	Si
			Costo	1.16	\$MXN / Gramo	
Reactivo 3	Operativo	Parámetro	Tiempo de entrega	30	Días	
			Cantidad de pérdida mínimo	500	Gramos	
			Concentración en medio de cultivo 1	0.332	Gramos / Litro	Si

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

			Concentración en medio de cultivo 2	0.022	Gramos / Litro	Si
			Costo	1.94	\$MXN / Gramo	
Reactivo 4	Operativo	Parámetro	Tiempo de entrega	30	Días	
			Cantidad de pedido mínimo	100	Gramos	
			Concentración en medio de cultivo 1	0.000083	Gramos / Litro	Si
			Concentración en medio de cultivo 2	0.0166	Gramos / Litro	Si
			Costo	9.13	\$MXN / Gramo	
Reactivo 5	Operativo	Parámetro	Tiempo de entrega	30	Días	
			Cantidad de pedido mínimo	250	Gramos	
			Concentración en medio de cultivo 1	0.017	Gramos / Litro	Si
			Concentración en medio de cultivo 2	0.000042	Gramos / Litro	Si
			Costo	5.23	\$MXN / Gramo	
Reactivo 6	Operativo	Parámetro	Tiempo de entrega	30	Días	
			Cantidad de pedido mínimo	1000	Gramos	
			Concentración en medio de cultivo 1	0.00062	Gramos / Litro	Si
			Concentración en medio de cultivo 2	0.0085	Gramos / Litro	Si
			Costo	2.52	\$MXN /	

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

					Gramo	
Inventario de Reactivo 1	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Gramos	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de reactivo 1 - gramos para medio de cultivo 1 y 2 + entrega de reactivo 1)	Gramos	
Inventario de Reactivo 2	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Gramos	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de reactivo 2 - gramos para medio de cultivo 1 y 2 + entrega de reactivo 2)	Gramos	
Inventario de Reactivo 3	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Gramos	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de reactivo 3 - gramos para medio de cultivo 1 y 2 + entrega de reactivo 3)	Gramos	
Inventario de Reactivo 4	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Gramos	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de reactivo 4 - gramos para medio de cultivo 1 y 2 + entrega de reactivo 4)	Gramos	
Inventario de Reactivo 5	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Gramos	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de reactivo 5 - gramos para medio de cultivo 1 y 2 + entrega de	Gramos	

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

				reactivo 5)		
Inventario de Reactivo 6	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Gramos	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de reactivo 6 - gramos para medio de cultivo 1 y 2 + entrega de reactivo 6)	Gramos	
Medio de Cultivo 1	Operativo	Parámetro	Medio de cultivo requerido en una unidad de producto en proceso 1	0.005	Litro / Unidad de producto en proceso 1	Si
			Tiempo de entrega	7	Días	
			Cantidad de pérdida mínimo	1	Litros	
Medio de Cultivo 2	Operativo	Parámetro	Medio de cultivo requerido en una unidad de producto en proceso 1	0.114	Litro / Unidad de producto en proceso 1	Si
			Tiempo de entrega	7	Días	
			Cantidad de pérdida mínimo	1	Litros	
Inventario de Medio de Cultivo 1	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Litros	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de medio de cultivo 1 - litros requeridos para el proceso 1 + entrega de medio de cultivo 1)	Litros	

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

Inventario de Medio de Cultivo 2	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Litros	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de medio de cultivo 2 - litros requeridos para el proceso 1 + entrega de medio de cultivo 2)	Litros	
Materia Prima 2	Operativo	Parámetro	Unidades requeridas para proceso 1	0.041	Unidad de materia prima 2 / Unidad de producto en proceso 1	Si
			Costo	12.49	\$MXN / Unidad de materia prima 2	
			Tiempo de entrega	0	Días	
			Cantidad de pedido mínimo	1	Unidad de materia prima 1	
Materia Prima 3	Operativo	Parámetro	Unidades requeridas para proceso 1	0.0026	Unidad de materia prima 3 / Unidad de producto en proceso 1	Si
			Costo	40	\$MXN / Unidad de materia prima 3	
			Tiempo de entrega	0	Días	
			Cantidad de pedido	1	Unidad de	

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

			mínimo		materia prima 3	
Materia Prima 4	Operativo	Parámetro	Litros requeridos para proceso 2	8.75	Litros / Unidad de producto en proceso 2	Si
			Costo	0.003	\$MXN / Litro	
			Tiempo de entrega	0	Días	
			Cantidad de pedido mínimo	1	Litros	
Materia Prima 5	Operativo	Parámetro	Unidades requeridas para proceso 3	1	Unidades de materia prima 5 / Unidad de producto final	Si
			Costo	0.62	\$MXN / Unidad de materia prima 5	
			Tiempo de entrega	3	Días	
			Cantidad de pedido mínimo	10	Unidades de materia prima 5	
Materia Prima 6	Operativo	Parámetro	Gramos requeridos para proceso 3	2.95	Unidad de materia prima 6 / Unidad de producto final	Si
			Costo	0.1516	\$MXN / Gramo	

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

			Tiempo de entrega	3	Días	
			Cantidad de pedido mínimo	2500	Gramos	
Inventario de Materia Prima 1	Financiero	Parámetro	Inventario disponible	(Inventario de producto final * 6 * 2600)	Unidades de materia prima 1	Si
			Unidades requeridas para proceso 1	1	Unidad de materia prima 1 / Unidad de producto en proceso 1	Si
Inventario de Materia Prima 5	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Unidades de materia prima 5	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de materia prima 5 - unidades de materia prima 5 requeridas para proceso 3 + entrega de unidades de materia prima 5)	Unidades de materia prima 5	
Inventario de Materia Prima 6	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Gramos de materia prima 6	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de materia prima 6 - gramos de materia prima 6 requeridas para proceso 3 + entrega de gramos de materia prima 6)	Gramos de materia prima 6	
Proceso 1	Operativo	Parámetro	Unidades de proceso 1 requeridas para	1	Unidad de producto en proceso	Si

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

			proceso 2		1 / Unidad de producto en proceso 2	
			Tiempo de entrega	180	Días	Si
			Cantidad de pedido mínimo	3200	Unidad de producto en proceso 1	Si
Proc eso 2	Operati vo	Paráme tro	Unidades de proceso 2 requeridas para proceso 3	1	Unidad de producto en proceso 2 / Unidad de proceso 3	Si
			Tiempo de entrega	60	Días	Si
			Cantidad de pedido mínimo	128	Unidad de producto en proceso 2	Si
Proc eso 3	Operati vo	Paráme tro	Unidades de proceso 3 requeridas para producto final	1	Unidad de producto en proceso 3 / Unidad de producto final	Si
			Tiempo de entrega	30	Días	Si
			Cantidad de pedido mínimo	1	Unidad de producto en proceso 3	Si
Distri	Operati	Paráme	Tiempo de entrega	1	Días	

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

bu ción a Clientes	vo	tro	Cantidad de p�dido mínimo	1	Unidad de producto final	
Inven tario de Prod ucto en Proc eso 1	Financi ero	Variabl e	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Unidades de producto en proceso 1	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de producto en proceso 1 - unidades de inventario de producto en proceso 1 requeridas para proceso 2 + entrega de unidades de proceso 1)	Unidades de producto en proceso 1	
Inven tario de Prod ucto en Proc eso 2	Financi ero	Variabl e	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Unidades de producto en proceso 2	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de producto en proceso 2 - unidades de inventario de producto en proceso 2 requeridas para proceso 3 + entrega de unidades de proceso 2)	Unidades de producto en proceso 2	
Inven tario de Prod	Financi ero	Variabl e	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Unidades de producto final	Si

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

ucto Final			Inventario disponible	(Inventario disponible de producto final - unidades de inventario de producto final requeridas para distribución a clientes + entrega de unidades de proceso 3)	Unidades de producto final	
Inventario de Producto en Anaquel	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Unidades de producto final	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de producto en anaquel - unidades de inventario de producto en anaquel requeridas para demanda clientes anaquel + entrega de unidades de proceso 3)	Unidades de producto final	
Costos Variables de Proceso 1	Financiero	Parámetro	Costo	38.91	\$MXN / Unidad de producto en proceso 1	Si
Costos Variables de Proceso 2	Financiero	Parámetro	Costo	1.47	\$MXN / Unidad de producto en proceso 2	Si
Costos Variables	Financiero	Parámetro	Costo	2.49	\$MXN / Unidad de producto en proceso	Si

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

de Proc eso 3					3	
Cost os Varia bles de Vent as	Financi ero	Paráme tro	Costo	(Ventas * 0.05)	\$MXN / Planta vendida	
Com pras de Proc eso 1	Financi ero	Paráme tro	Costo	(Requerimientos de materiales reactivos * costo de reactivos) + (Requerimientos de materia prima 2 y 3 * costo de materias primas 2 y 3)	\$MXN / mes	
Com pras de Proc eso 2	Financi ero	Paráme tro	Costo	(Requerimientos de materia prima 4 * costo de materia prima 4)	\$MXN / mes	
Com pras de Proc eso 3	Financi ero	Paráme tro	Costo	(Requerimientos de materias primas 5 y 6 * costos de materias primas 5 y 6)	\$MXN / mes	
Utiliz ación de Mate riales Proc eso 1	Inform ación	Paráme tro	Material requerido para el proceso 1	(Uso de capacidad de proceso 1) * (utilización de medios de cultivo 1 y 2 + utilización de materias primas 1, 2 y 3)	(Litros de medios de cultivo y unidades de materias primas 1, 2 y 3) / mes	Si

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

Utilización de Materiales Proceso 2	Información	Parámetro	Material requerido para el proceso 2	(Uso de capacidad de proceso 2) * (utilización de producto en proceso 1 + utilización de materia prima 4)	(Unidades de producto en proceso 1 y unidades de materia prima 4) / mes	Si
Utilización de Materiales Proceso 3	Información	Parámetro	Material requerido para el proceso 3	(Uso de capacidad de proceso 3) * (utilización de producto en proceso 2 + utilización de materias primas 5 y 6)	(Unidades de producto en proceso 2 y de materias primas 5 y 6) / mes	Si
Utilización de Materiales Reactivos	Información	Parámetro	Material requerido para medios de cultivo 1 y 2	(Utilización de medios de cultivo 1 y 2 * utilización de reactivos)	(Gramos de reactivos) / mes	Si
Capacidad de Producción Proceso 1	Información	Variabile	Capacidad de máxima de producción	1500	Unidades de producto en proceso 1 / mes	Si
Capacidad de Producción Proc	Información	Variabile	Capacidad de máxima de producción	1024	Unidades de producto en proceso 2 / mes	Si

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

eso 2						
Capacidad de Producción Proceso 3	Información	Variab e	Capacidad de máxima de producción	800	Unidades de producto final / mes	Si
Requerimientos de Materiales Proceso 1	Información	Paráme tro	Punto de re orden	(Si el inventario disponible es menor al inventario de seguridad entonces activar producción de lotes mínimos hasta llegar a inventario de seguridad para: Inventario de medios de cultivo 1 y 2).	Punto de reorden activado o no activado para proceso 1	Si
Requerimientos de Materiales Proceso 2	Información	Paráme tro	Punto de re orden	(Si el inventario disponible es menor al inventario de seguridad entonces activar producción de lotes mínimos hasta llegar a inventario de seguridad para: Inventario de producto en proceso 1).	Punto de re orden activado o no activado para proceso 2	Si
Requerimientos de Materiales Proceso 3	Información	Paráme tro	Punto de re orden	(Si el inventario disponible es menor al inventario de seguridad entonces activar producción de lotes mínimos hasta llegar a inventario de seguridad para: Inventario de producto en proceso 2, inventario de materias	Punto de re orden activado o no activado para proceso 3	Si

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

				primas 5 y 6).		
Requerimientos de Materiales Producto Final	Información	Parámetro	Punto de re orden	(Si el inventario disponible es menor al inventario de seguridad entonces activar producción de lotes mínimos hasta llegar a inventario de seguridad para: Inventario de producto final).	Punto de re orden activado o no activado para distribución a clientes.	Si
Requerimientos de Materiales Producto en Anaqueles	Información	Parámetro	Punto de re orden	(Si el inventario disponible es menor al inventario de seguridad entonces activar producción de lotes mínimos hasta llegar a inventario de seguridad para: Inventario de producto en anaquel).	Punto de re orden activado o no activado para demanda de clientes anaquel.	Si
Requerimientos de Materiales Reactivos	Información	Parámetro	Punto de re orden	(Si el inventario disponible es menor al inventario de seguridad entonces activar producción de lotes mínimos hasta llegar a inventario de seguridad para: Inventario de reactivos 1, 2, 3, 4 y 5).	Punto de re orden activado o no activado para medios de cultivo 1 y 2.	Si

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

Ventas	Financiero	Parámetro	Dinero obtenido por ventas	(Unidades demandadas por el cliente * precio de venta)	\$MXN / mes	Si
Uso de Capacidad Proceso 1	Operativo	Medida de desempeño	Número de unidades producidas	Unidades producidas en el proceso 1	Unidades de producto en proceso 1 / mes	Si
Uso de Capacidad Proceso 2	Operativo	Medida de desempeño	Número de unidades producidas	Unidades producidas en el proceso 2	Unidades de producto en proceso 2 / mes	Si
Uso de Capacidad Proceso 3	Operativo	Medida de desempeño	Número de unidades producidas	Unidades producidas en el proceso 3	Unidades de producto en proceso 3 / mes	Si
Nivel de Servicio	Información	Medida de desempeño	Nivel de servicio	(Producto total suministrado al cliente - producto faltante) / (producto total suministrado al cliente)	% de nivel de servicio	Si
Capital de Trabajo	Financiero	Medida de desempeño	Dinero invertido en inventarios totales	(Suma del costo de todos los inventarios de la cadena de suministro)	\$MXN / mes	Si
Utilidades	Financiero	Medida de desempeño	Dinero obtenido como ganancia de las operaciones	(Ventas - Costos variables de todos los procesos - Costos de compras de todos los procesos)	\$MXN / mes	Si

Tabla A3.1. Datos cuantitativos del modelo para el escenario de minoristas.

Escenario de mayoristas:

Para el escenario mayorista se repiten los valores mostrados en la tabla A4.1, para los elementos con el mismo nombre, la tabla que A4.2 muestra los valores de los elementos, en el escenario de mayoristas, que son diferentes al del escenario de minoristas, aunque conservan los mismos nombres.

Elemento	Tipo de Elemento	Naturaliza del Elemento	Dato	Valor	Unidad de Medida	¿Requirió experimentación?
Materia Prima 6	Operativo	Parámetro	Gramos requeridos para proceso 3	2.95	Unidad de materia prima 6 / Unidad de producto en proceso 1	Si
			Costo	0.1516	\$MXN / Gramo	
			Tiempo de Entrega	3	Días	
			Cantidad de pedido mínimo	2500	Gramos	
Inventario de Materia Prima 6	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Gramos de materia prima 6	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de materia prima 6 - gramos de materia prima 6 requeridas para proceso 1 + entrega de gramos de materia prima 6)	Gramos de materia prima 6	
Proceso 2	Operativo	Parámetro	Unidades de proceso 2 requeridas para distribución de clientes	1	Unidad de producto en proceso 2 / Unidad de distribución	Si

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

					a cliente	
			Tiempo de entrega	60	Días	Si
			Cantidad de pedido mínimo	128	Unidad de producto en proceso 2	Si
Distribución a Clientes	Operativo	Parámetro	Tiempo de entrega	1	Días	
			Cantidad de pedido mínimo	1	Unidad de producto final	
Inventario de Producto en Proceso 2	Financiero	Variable	Inventario de seguridad	Se define en el modelo manualmente	Unidades de producto en proceso 2	Si
			Inventario disponible	(Inventario disponible de producto en proceso 2 - unidades de inventario de producto en proceso 2 requeridas para distribución a cliente + entrega de unidades de proceso 2)	Unidades de producto en proceso 2	
Compras de Proceso 1	Financiero	Parámetro	Costo	(Requerimientos de materiales reactivos * costo de reactivos) + (requerimientos de materias primas 2, 3 y 6 * costo de materias primas 2, 3 y 6)	\$MXN / mes	
Utilización de Materiales Proceso	Información	Parámetro	Material requerido para el proceso	(Uso de capacidad de proceso 1) * (Utilización de medios de cultivo 1 y 2 + Utilización de materias primas 1, 2, 3 y	(Litros de medios de cultivo y unidades de materias primas 1, 2,	Si

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

o 1				6)	3 y 6) / mes	
Utilización de materiales demanda de clientes mayoristas	Información	Parámetro	Material requerido para distribución a cliente	(Distribución a cliente) * (utilización de producto en proceso 2 + Utilización de materia prima 4)	(Unidades de producto en proceso y de unidades de materia prima 4) / mes	Si
Requerimientos de Materiales Proceso 1	Información	Parámetro	Punto de reorden	(Si el inventario disponible es menor al inventario de seguridad entonces activar producción de lotes mínimos hasta llegar a inventario de seguridad para: materia prima 6, Inventario de medios de cultivo 1 y 2).	Punto de reorden activado o no activado para proceso 1	Si
Requerimientos de Materiales distribución a cliente	Información	Parámetro	Punto de reorden	(Cuando el proceso de distribución a cliente requiere enviar producto a demanda del cliente, entonces se activa el punto de reorden hasta satisfacer los requerimientos de demanda para: Inventario de producto en proceso 2).	Punto de reorden activado o no activado para distribución a clientes.	Si

Tabla A3.2. Datos cuantitativos del modelo para el escenario de mayoristas.

ANEXO 4: FÓRMULAS UTILIZADAS PARA LA CODIFICACIÓN DEL MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS

Reactivos:

- Proveedor reactivo 1 = Entrega reactivo 1; valor inicial = 0.
- Entrega reactivo 1 = DELAY FIXED(IF THEN ELSE(Punto de reorden reactivo 1=1, 500, 0), 1, 0).
- Punto de reorden reactivo 1 = IF THEN ELSE(Entrega reactivo 1>0, (IF THEN ELSE(Inventario reactivo 1<Inventario de seguridad reactivo 1, 1, 0)), 0).
- Inventario de seguridad reactivo 1 = 150.
- Inventario reactivo 1 = Entrega reactivo 1-(Elaboración medio de cultivo 1 a 1*0.0949055)-(Elaboración medio de cultivo 1 a 2*0.0475728); valor inicial = 500.
- Elaboración medio de cultivo 1 a 1 = IF THEN ELSE(Punto de reorden medio de cultivo 1=1, (Faltante para llenar medio de cultivo 1*2.6e-005), 0).
- Elaboración medio de cultivo 1 a 2 = IF THEN ELSE(Punto de reorden medio de cultivo 2=1, (Faltante para llenar medio de cultivo 2*0.00903), 0).
- Proveedor reactivo 2 = Entrega reactivo 2; valor inicial = 0.
- Entrega reactivo 2 = DELAY FIXED(IF THEN ELSE(Punto de reorden reactivo 2=1, 1000, 0), 1, 0).
- Punto de reorden reactivo 2 = IF THEN ELSE(Entrega reactivo 2>0, (IF THEN ELSE(Inventario reactivo 2<Inventario de seguridad reactivo 2, 1, 0)), 0).
- Inventario de seguridad reactivo 2 = 300.
- Inventario reactivo 2 = Entrega reactivo 2-(Elaboración medio de cultivo 2 a 1*0.0949055)-(Elaboración medio de cultivo 2 a 2*0.0475728); valor inicial = 1000.
- Elaboración medio de cultivo 2 a 1 = IF THEN ELSE(Punto de reorden medio de cultivo 1=1, (Faltante para llenar medio de cultivo 1*0.46361), 0).
- Elaboración medio de cultivo 2 a 2 = IF THEN ELSE(Punto de reorden medio de cultivo 2=1, (Faltante para llenar medio de cultivo 2*2.6e-005), 0).
- Proveedor reactivo 3 = Entrega reactivo 3; valor inicial = 0.
- Entrega reactivo 3 = DELAY FIXED(IF THEN ELSE(Punto de reorden reactivo 3=1, 500, 0), 1, 0).
- Punto de reorden reactivo 3 = IF THEN ELSE(Entrega reactivo 3>0, (IF THEN ELSE(Inventario reactivo 3<Inventario de seguridad reactivo 3, 1, 0)), 0).
- Inventario de seguridad reactivo 3 = 150.
- Inventario reactivo 3 = Entrega reactivo 3-(Elaboración medio de cultivo 3 a 1*0.0949055)-(Elaboración medio de cultivo 3 a 2*0.0475728); valor inicial = 300.
- Elaboración medio de cultivo 3 a 1 = IF THEN ELSE(Punto de reorden medio de cultivo 1=1, (Faltante para llenar medio de cultivo 1*0.34982), 0).

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

- Elaboración medio de cultivo 3 a 2 = IF THEN ELSE(Punto de reorden medio de cultivo 2=1, (Faltante para llenar medio de cultivo $2*0.46244$), 0).
- Proveedor reactivo 4 = Entrega reactivo 4; valor inicial = 0.
- Entrega reactivo 4 = DELAY FIXED(IF THEN ELSE(Punto de reorden reactivo 4=1, 100, 0), 1, 0).
- Punto de reorden reactivo 4 = IF THEN ELSE(Entrega reactivo 4>0, (IF THEN ELSE(Inventario reactivo 4<Inventario de seguridad reactivo 4, 1, 0)), 0).
- Inventario de seguridad reactivo 4 = 20.
- Inventario reactivo 4 = Entrega reactivo 4-(Elaboración medio de cultivo 4 a 1*0.0949055)-(Elaboración medio de cultivo 4 a 2*0.0475728); valor inicial = 100.
- Elaboración medio de cultivo 4 a 1 = IF THEN ELSE(Punto de reorden medio de cultivo 1=1, (Faltante para llenar medio de cultivo $1*0.00087$), 0).
- Elaboración medio de cultivo 4 a 2 = IF THEN ELSE(Punto de reorden medio de cultivo 2=1, (Faltante para llenar medio de cultivo $2*0.34893$), 0).
- Proveedor reactivo 5 = Entrega reactivo 5; valor inicial = 0.
- Entrega reactivo 5 = DELAY FIXED(IF THEN ELSE(Punto de reorden reactivo 5=1, 250, 0), 1, 0).
- Punto de reorden reactivo 5 = IF THEN ELSE(Entrega reactivo 5>0, (IF THEN ELSE(Inventario reactivo 5<Inventario de seguridad reactivo 5, 1, 0)), 0).
- Inventario de seguridad reactivo 5 = 50.
- Inventario reactivo 5 = Entrega reactivo 5-(Elaboración medio de cultivo 5 a 1*0.0949055)-(Elaboración medio de cultivo 5 a 2*0.0475728); valor inicial = 250.
- Elaboración medio de cultivo 5 a 1 = IF THEN ELSE(Punto de reorden medio de cultivo 1=1, (Faltante para llenar medio de cultivo $1*0.17912$), 0).
- Elaboración medio de cultivo 5 a 2 = IF THEN ELSE(Punto de reorden medio de cultivo 2=1, (Faltante para llenar medio de cultivo $2*0.00087$), 0).
- Proveedor reactivo 6 = Entrega reactivo 6; valor inicial = 0.
- Entrega reactivo 6 = DELAY FIXED(IF THEN ELSE(Punto de reorden reactivo 6=1, 1000, 0), 1, 0).
- Punto de reorden reactivo 6 = IF THEN ELSE(Entrega reactivo 6>0, (IF THEN ELSE(Inventario reactivo 6<Inventario de seguridad reactivo 6, 1, 0)), 0).
- Inventario de seguridad reactivo 6 = 200.
- Inventario reactivo 6 = Entrega reactivo 6-(Elaboración medio de cultivo 6 a 1*0.0949055)-(Elaboración medio de cultivo 6 a 2*0.0475728); valor inicial = 1000.
- Elaboración medio de cultivo 6 a 1 = IF THEN ELSE(Punto de reorden medio de cultivo 1=1, (Faltante para llenar medio de cultivo $1*0.00653$), 0).
- Elaboración medio de cultivo 6 a 2 = IF THEN ELSE(Punto de reorden medio de cultivo 2=1, (Faltante para llenar medio de cultivo $2*0.17867$), 0).

Medios de cultivo:

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

- Inventario medio de cultivo 1 = Elaboración medio de cultivo 1 a 1+Elaboración medio de cultivo 2 a 1+Elaboración medio de cultivo 3 a 1+Elaboración medio de cultivo 4 a 1+Elaboración medio de cultivo 5 a 1+Elaboración medio de cultivo 6 a 1-Suministro medio de cultivo 1 a proceso 1; valor inicial = 8.
- Punto de reorden medio de cultivo 1 = IF THEN ELSE(Inventario medio de cultivo 1<Inventario de seguridad medio de cultivo 1, 1, 0).
- Inventario de seguridad medio de cultivo 1 = 2.
- Faltante para llenar medio de cultivo 1 = IF THEN ELSE((Inventario medio de cultivo 1>7), 0, (IF THEN ELSE((Inventario medio de cultivo 1<7),7,(7-Inventario medio de cultivo 1)))).
- Inventario medio de cultivo 2 = Elaboración medio de cultivo 1 a 2+Elaboración medio de cultivo 2 a 2+Elaboración medio de cultivo 3 a 2+Elaboración medio de cultivo 4 a 2+Elaboración medio de cultivo 5 a 2+Elaboración medio de cultivo 6 a 2-Suministro medio de cultivo 2 a proceso 1; valor inicial = 170.
- Punto de reorden medio de cultivo 2 = IF THEN ELSE(Inventario medio de cultivo 2<Inventario de seguridad medio de cultivo 2, 1, 0).
- Inventario de seguridad medio de cultivo 2 = 80.
- Faltante para llenar medio de cultivo 2 = IF THEN ELSE((Inventario medio de cultivo 2>170), 0, (IF THEN ELSE((Inventario medio de cultivo 2<0),170,(170-Inventario medio de cultivo 2)))).
- Suministro medio de cultivo 1 a proceso 1 = Proceso 1*0.005.
- Suministro medio de cultivo 2 a proceso 1 = Proceso 1*0.114.

Materias primas:

- Inventario de materia prima 1 = (Inventario producto final*6*2600)-Proceso 1; valor inicial = (Inventario producto final*6*2600).
- Proveedor materia prima 2 = Suministro de materia prima 2 a proceso 1; valor inicial = 0.
- Suministro de materia prima 2 a proceso 1 = Proceso 1*0.041.
- Proveedor materia prima 3 = Suministro de materia prima 3 a proceso 1; valor inicial = 0.
- Suministro de materia prima 3 a proceso 1 = Proceso 1*0.0026.
- Proveedor materia prima 4 = Suministro de materia prima 4 a proceso 2; valor inicial = 0.
- Suministro de materia prima 4 a proceso 2 = Proceso 2*8.75.
- Proveedor materia prima 5 = Entrega de materia prima 5; valor inicial = 0.
- Entrega de materia prima 5 = IF THEN ELSE(Punto de reorden materia prima 5=1, 1000, 0).
- Inventario de materia prima 5 = Entrega de materia prima 5-Suministro de materia prima 5 a proceso 3; valor inicial = 950.
- Punto de reorden materia prima 5 = IF THEN ELSE(Inventario de materia prima 5<Inventario de seguridad materia prima 5, 1, 0).
- Inventario de seguridad materia prima 5 = 700.
- Suministro de materia prima 5 a proceso 3 = Proceso 3*1.
- Proveedor materia prima 6 = Entrega de materia prima 6; valor inicial = 0.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

- Entrega de materia prima 6 = IF THEN ELSE(Punto de reorden materia prima 6=1, 18000, 0).
- Inventario de materia prima 6 = Entrega de materia prima 6-Suministro de materia prima 6 a proceso 3; valor inicial = 20000.
- Punto de reorden materia prima 6 = IF THEN ELSE(Inventario de materia prima 6<Inventario de seguridad materia prima 6, 1, 0).
- Inventario de seguridad materia prima 6 = 15000.
- Suministro de materia prima 6 a proceso 3 = Proceso 3*25.

Proceso productivo:

- Proceso 1 = DELAY FIXED(IF THEN ELSE(Punto de re orden inventario de producto en proceso 1=1, Faltante para llenar inventario producto en proceso 1, 0), 6, 0).
- Inventario de producto en proceso 1 = Proceso 1-Proceso 2; valor inicial = 950.
- Proceso 2 = DELAY FIXED(IF THEN ELSE(Punto de re orden inventario de producto en proceso 2=1, Faltante para llenar inventario producto en proceso 2, 0), 2, 0).
- Inventario de producto en proceso 2 = Proceso 2-Proceso 3; valor inicial = 900.
- Proceso 3 = DELAY FIXED(IF THEN ELSE(Punto de reorden inventario producto final=1, Faltante para llenar inventario producto final, 0), 1, 0).
- Inventario producto final = Proceso 3-Distribución a cliente; valor inicial = 440.
- Distribución a cliente = IF THEN ELSE(Punto de reorden inventario en anaquel=1, Faltante para llenar anaquel, 0).
- Inventario producto terminado en anaquel = Distribución a cliente-Pedidos cliente; valor inicial = 70.
- Pedidos cliente = RANDOM POISSON(2, 69, 17.857, 1, 1, 1)*5.
- Demanda cliente anaquel = Pedidos cliente; valor inicial = 1.

Elementos de información:

- Utilización de materiales proceso 1 = Requerimientos de materiales proceso 1-Proceso 2; valor inicial = Inventario de producto en proceso 1.
- Punto de re orden inventario de producto en proceso 1 = IF THEN ELSE(Utilización de materiales proceso 1<Inventario de seguridad producto en proceso 1,1,0).
- Inventario de seguridad producto en proceso 1 = 400.
- Faltante para llenar inventario producto en proceso 1 = IF THEN ELSE((Utilización de materiales proceso 1>1500), 0, (IF THEN ELSE((Utilización de materiales proceso 1<0),1500,(1500-Utilización de materiales proceso 1)))).
- Requerimientos de materiales proceso 1 = IF THEN ELSE(Punto de re orden inventario de producto en proceso 1=1, Faltante para llenar inventario producto en proceso 1, 0).
- Utilización de materiales proceso 2 = Requerimientos de materiales proceso 2-Proceso 3; valor inicial = Inventario de producto en proceso 2.

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

- Punto de re orden inventario de producto en proceso 2 = IF THEN ELSE(Utilización de materiales proceso 2<Inventario de seguridad producto en proceso 2,1,0).
- Inventario de seguridad producto en proceso 2 = 600.
- Faltante para llenar inventario producto en proceso 2 = IF THEN ELSE((Utilización de materiales proceso 2>1024), 0, (IF THEN ELSE((Utilización de materiales proceso 2<0),1024,(1024-Utilización de materiales proceso 2))))).
- Requerimientos de materiales proceso 2 = IF THEN ELSE(Punto de re orden inventario de producto en proceso 2=1, Faltante para llenar inventario producto en proceso 2, 0).
- Utilización de materiales proceso 3 = Requerimientos de materiales proceso 3-Distribución a cliente; valor inicial = Inventario producto final.
- Punto de reorden inventario producto final = IF THEN ELSE(Utilización de materiales proceso 3<Inventario de seguridad producto final, 1, 0).
- Inventario de seguridad producto final = 380.
- Faltante para llenar inventario producto final = IF THEN ELSE((Utilización de materiales proceso 3>800), 0, (IF THEN ELSE((Utilización de materiales proceso 3<0),800,(800-Utilización de materiales proceso 3))))).
- Requerimientos de materiales proceso 3 = IF THEN ELSE(Punto de reorden inventario producto final=1, Faltante para llenar inventario producto final, 0).
- Punto de reorden inventario en anaquel = IF THEN ELSE(Inventario producto terminado en anaquel<Inventario de seguridad producto en anaquel, 1, 0).
- Inventario de seguridad producto en anaquel = 170.
- Faltante para llenar anaquel = IF THEN ELSE((Inventario producto terminado en anaquel>500), 0, (IF THEN ELSE((Inventario producto terminado en anaquel<0),500,(500-Inventario producto terminado en anaquel))))).
- Faltante de producto demandado por el cliente = IF THEN ELSE(((Inventario producto terminado en anaquel-Pedidos cliente)<0), (Inventario producto terminado en anaquel-Pedidos cliente), 0); valor inicial = 0.

Elementos financieros

- Compras de proceso 1 = (Entrega reactivo 1*2.45)+(Entrega reactivo 2*1.16)+(Entrega reactivo 3*1.94)+(Entrega reactivo 4*9.13)+(Entrega reactivo 5*5.23)+(Entrega reactivo 6*2.52)+(Suministro de materia prima 2 a proceso 1*12.49)+(Suministro de materia prima 3 a proceso 1*40).
- Costos variables del proceso 1 = Proceso 1*38.91.
- Compras de proceso 2 = Suministro de materia prima 4 a proceso 2*0.003.
- Costos variables del proceso 2 = Proceso 2*1.47.
- Compras de proceso 3 = (Entrega de materia prima 6*0.1516)+(Entrega de materia prima 5*0.62).
- Costos variables del proceso 3 = Proceso 3*2.49.
- Costos variables de ventas = ((Distribución a cliente*90)*0.05).
- Ventas = (Pedidos cliente)*(90).

Medidas de desempeño:

- Utilización de la capacidad del proceso 1 = $((\text{Proceso 1}/1500)*100)$.
- Utilización de la capacidad del proceso 2 = $((\text{Proceso 2}/1024)*100)$.
- Utilización de la capacidad del proceso 3 = $(\text{Proceso 3}/800)*100$.
- Capital de trabajo reactivos = $(\text{Inventario reactivo 1}*2.45)+(\text{Inventario reactivo 2}*1.16)+(\text{Inventario reactivo 3}*1.94)+(\text{Inventario reactivo 4}*9.13)+(\text{Inventario reactivo 5}*5.23)+(\text{Inventario reactivo 6}*2.52)$.
- Capital de trabajo medios de cultivo = $(\text{Inventario medio de cultivo 1}*0.206)+(\text{Inventario medio de cultivo 2}*0.217)$.
- Capital de trabajo de materias primas = $(\text{Inventario de materia prima 6}*0.1516)+(\text{Inventario de materia prima 5}*0.62)$.
- Capital de trabajo de producto en proceso = $(\text{Inventario de producto en proceso 1}*39.95)+(\text{Inventario de producto en proceso 2}*41.45)+(\text{Inventario producto final}*45)$.
- Capital de trabajo de producto en anaquel = $(\text{Inventario producto terminado en anaquel}*49.5)$.
- Capital de trabajo total = Capital de trabajo de materias primas+Capital de trabajo de producto en anaquel+Capital de trabajo de producto en proceso+Capital de trabajo medios de cultivo+Capital de trabajo reactivos.
- Nivel de servicio = $(\text{Demanda cliente anaquel}+\text{Faltante de producto demandado por el cliente})/\text{Demanda cliente anaquel}$.
- Utilidades = Ventas-Compras de proceso 1-Compras de proceso 2-Compras de proceso 3-Costos variables de ventas-Costos variables del proceso 1-Costos variables del proceso 2-Costos variables del proceso 3; valor inicial = - Capital de trabajo total.

Para el escenario de mayoristas, estos son los elementos que modifican su codificación:

Medio de cultivo:

- Inventario medio de cultivo 1; valor inicial = 10.
- Inventario de seguridad medio de cultivo 1 = 6.
- Inventario medio de cultivo 2; valor inicial = 200.
- Inventario de seguridad medio de cultivo 2 = 125.

Materia prima:

- Inventario de materia prima 1 = $(\text{Inventario de producto en proceso 2}*2600)-\text{Proceso 1}$; valor inicial = $(\text{Inventario de producto en proceso 2}*2600)$.
- Inventario de materia prima 6; valor inicial = 10000.
- Inventario de seguridad materia prima 6 = 5000.
- Suministro de materia prima 6 a proceso 1 = $\text{Proceso 1}*2.95$.

Proceso productivo:

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

- Inventario de producto en proceso 1; valor inicial = 4000.
- Inventario de seguridad producto en proceso 1 = 4001.
- Inventario de producto en proceso 2 = Proceso 2-Distribución a Clientes; valor inicial = 2500.
- Inventario de seguridad producto en proceso 2 = 2501.
- Distribución a Clientes = $(\text{RANDOM POISSON}(2,69,17.857,1,1,1))*25$.

Elementos financieros:

- Compras de proceso 1 = $(\text{Entrega reactivo } 1*2.45)+(\text{Entrega reactivo } 2*1.16)+(\text{Entrega reactivo } 3*1.94)+(\text{Entrega reactivo } 4*9.13)+(\text{Entrega reactivo } 5*5.23)+(\text{Entrega reactivo } 6*2.52)+(\text{Suministro de materia prima 2 a proceso 1*12.49})+(\text{Suministro de materia prima 3 a proceso 1*40})+(\text{Entrega de materia prima } 6*0.1516)$.
- Costos variables de ventas = $((\text{Distribución a Clientes}*45)*0.05)$.
- Ventas = $(\text{Distribución a Clientes})*(45)$.

Medidas de desempeño:

- Capital de trabajo de materias primas = $(\text{Inventario de materia prima } 6*0.1516)$.
- Capital de trabajo de producto en proceso = $(\text{Inventario de producto en proceso } 1*39.95)+(\text{Inventario de producto en proceso } 2*41.45)$.
- Capital de trabajo total = $\text{Capital de trabajo de materias primas}+\text{Capital de trabajo de producto en proceso}+\text{Capital de trabajo medios de cultivo}+\text{Capital de trabajo reactivos}$.
- Utilidades = $\text{Ventas}-\text{Compras de proceso 1}-\text{Compras de proceso 2}-\text{Costos variables de ventas}-\text{Costos variables del proceso 1}-\text{Costos variables del proceso 2}$; valor inicial = - Capital de trabajo total.

ANEXO 5: TABLA DE VERIFICACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN DEL ESTUDIO DE CASO

Para hacer la verificación del modelo programado, se elaboró una hoja de Excel, donde se replicaron todos los cálculos del modelo, así como todos sus elementos. Sin embargo, colocar aquí todo el contenido de la hoja de Excel, haría muy larga la sección de los anexos, es por esto que se decidió colocar únicamente los cálculos de las medidas de desempeño y los elementos que influyen directamente sobre ellas, con el objetivo de mostrar cómo se hizo la verificación de los datos.

Mes	Numeros aleatorios poisson	Pedidos de clientes	Ventas	Costo variables de ventas	Costos variables del proceso 3	Compras del proceso 3
0	13	65	\$ 5,850.00	\$1,935.00	\$ -	\$ -
1	18	90	\$ 8,100.00	\$ -	\$ -	\$ -
2	11	55	\$ 4,950.00	\$ -	\$1,967.10	\$ -
3	25	125	\$11,250.00	\$ -	\$ -	\$3,348.80
4	19	95	\$ 8,550.00	\$1,507.50	\$ -	\$ -
5	18	90	\$ 8,100.00	\$ -	\$ -	\$ -
6	23	115	\$10,350.00	\$ -	\$ -	\$ -
7	14	70	\$ 6,300.00	\$ -	\$ -	\$ -
8	18	90	\$ 8,100.00	\$1,665.00	\$ -	\$ -
9	17	85	\$ 7,650.00	\$ -	\$ -	\$ -
10	17	85	\$ 7,650.00	\$ -	\$1,755.45	\$ -
11	16	80	\$ 7,200.00	\$ -	\$ -	\$3,348.80
12	22	110	\$ 9,900.00	\$1,530.00	\$ -	\$ -
13	20	100	\$ 9,000.00	\$ -	\$ -	\$ -
14	13	65	\$ 5,850.00	\$ -	\$ -	\$ -
15	18	90	\$ 8,100.00	\$ -	\$ -	\$ -
16	17	85	\$ 7,650.00	\$1,642.50	\$ -	\$ -

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

17	18	90	\$ 8,100.00	\$ -	\$ -	\$ -
18	22	110	\$ 9,900.00	\$ -	\$1,755.45	\$ -
19	20	100	\$ 9,000.00	\$ -	\$ -	\$2,728.80
20	19	95	\$ 8,550.00	\$1,732.50	\$ -	\$ -
21	14	70	\$ 6,300.00	\$ -	\$ -	\$ -
22	20	100	\$ 9,000.00	\$ -	\$ -	\$ -
23	14	70	\$ 6,300.00	\$ -	\$ -	\$ -
24	17	85	\$ 7,650.00	\$1,507.50	\$ -	\$ -
25	19	95	\$ 8,550.00	\$ -	\$ -	\$ -
26	24	120	\$10,800.00	\$ -	\$1,792.80	\$ -
27	25	125	\$11,250.00	\$ -	\$ -	\$3,348.80
28	15	75	\$ 6,750.00	\$1,912.50	\$ -	\$ -
29	20	100	\$ 9,000.00	\$ -	\$ -	\$ -
30	19	95	\$ 8,550.00	\$ -	\$1,058.25	\$ -
31	27	135	\$12,150.00	\$ -	\$ -	\$3,348.80
32	19	95	\$ 8,550.00	\$1,822.50	\$ -	\$ -
33	13	65	\$ 5,850.00	\$ -	\$ -	\$ -
34	17	85	\$ 7,650.00	\$ -	\$ -	\$ -
35	24	120	\$10,800.00	\$ -	\$ -	\$ -
36	26	130	\$11,700.00	\$1,642.50	\$ -	\$ -

Tabla A5.1. Tabla de verificación del modelo programado parte 1.

Mes	Costos variables del proceso 2	Compras del proceso 2	Costos variables del proceso 1	Compras del proceso 1	Utilidades
0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$110,278.00
1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$106,363.00

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 98,262.50
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 95,279.60
4	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 87,378.40
5	\$1,343.58	\$ 23.99	\$ -	\$ -	-\$ 80,335.90
6	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 73,603.50
7	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 63,253.50
8	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 56,953.50
9	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 50,518.50
10	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 42,868.50
11	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 36,974.00
12	\$ -	\$ -	\$56,964.20	\$ 901.96	-\$ 33,122.80
13	\$1,036.35	\$ 18.51	\$ -	\$ -	-\$ 82,619.00
14	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 74,673.80
15	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 68,823.80
16	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 60,723.80
17	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 54,716.30
18	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 46,616.30
19	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 38,471.80
20	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 32,200.60
21	\$1,036.35	\$ 18.51	\$ -	\$ -	-\$ 25,383.10
22	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 20,137.90
23	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 11,137.90
24	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 4,837.92
25	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,304.58
26	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 9,854.58

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

27	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 18,861.80
28	\$ -	\$ -	\$54,863.10	\$ 868.69	\$ 26,763.00
29	\$1,058.40	\$ 18.90	\$ -	\$ -	-\$ 24,131.30
30	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 16,208.60
31	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 8,716.86
32	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 84.34
33	\$ 624.75	\$ 11.16	\$ -	\$ -	\$ 6,811.84
34	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 12,025.90
35	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 19,675.90
36	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 30,475.90

Tabla A5.2. Tabla de verificación del modelo programado parte 2.

Mes	Capital de trabajo reactivos	Capital de trabajo medios de cultivo	Capital de trabajo de materias primas	Capital de trabajo de producto en proceso	Capital de trabajo de producto en anaquel	Capital de trabajo total
0	\$8,095.50	\$ 38.54	\$3,621.00	\$95,057.50	\$ 3,465.00	\$ 110,278.00
1	\$8,095.50	\$ 38.54	\$3,621.00	\$75,707.50	\$21,532.50	\$ 108,995.00
2	\$8,095.50	\$ 38.54	\$3,621.00	\$75,707.50	\$17,077.50	\$ 104,540.00
3	\$8,095.50	\$ 38.54	\$ 137.10	\$78,512.00	\$14,355.00	\$ 101,138.00
4	\$8,095.50	\$ 38.54	\$3,485.90	\$78,512.00	\$ 8,167.50	\$ 98,299.40
5	\$8,095.50	\$ 38.54	\$3,485.90	\$63,437.00	\$20,047.50	\$ 95,104.40
6	\$8,095.50	\$ 38.54	\$3,485.90	\$64,808.00	\$15,592.50	\$ 92,010.40
7	\$8,095.50	\$ 38.54	\$3,485.90	\$64,808.00	\$ 9,900.00	\$ 86,327.90
8	\$8,095.50	\$ 38.54	\$3,485.90	\$64,808.00	\$ 6,435.00	\$ 82,862.90
9	\$8,095.50	\$ 38.54	\$3,485.90	\$48,158.00	\$20,295.00	\$ 80,072.90
10	\$8,095.50	\$ 38.54	\$3,485.90	\$48,158.00	\$16,087.50	\$ 75,865.40

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

11	\$8,095.50	\$ 38.54	\$ 376.85	\$50,660.80	\$11,880.00	\$ 71,051.60
12	\$8,095.50	\$ 38.54	\$3,725.65	\$50,660.80	\$ 7,920.00	\$ 70,440.40
13	\$8,095.50	\$ 0.81	\$3,725.65	\$93,847.50	\$19,305.00	\$ 124,975.00
14	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,725.65	\$94,905.00	\$14,355.00	\$ 121,082.00
15	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,725.65	\$94,905.00	\$11,137.50	\$ 117,865.00
16	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,725.65	\$94,905.00	\$ 6,682.50	\$ 113,410.00
17	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,725.65	\$78,480.00	\$20,542.50	\$ 110,845.00
18	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,725.65	\$78,480.00	\$16,087.50	\$ 106,390.00
19	\$8,057.85	\$ 38.47	\$ 616.60	\$80,982.80	\$10,642.50	\$ 100,338.00
20	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,345.40	\$80,982.80	\$ 5,692.50	\$ 98,117.00
21	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,345.40	\$63,657.80	\$20,047.50	\$ 95,147.00
22	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,345.40	\$64,715.30	\$16,582.50	\$ 92,739.50
23	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,345.40	\$64,715.30	\$11,632.50	\$ 87,789.50
24	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,345.40	\$64,715.30	\$ 8,167.50	\$ 84,324.50
25	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,345.40	\$49,640.30	\$20,542.50	\$ 81,624.50
26	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,345.40	\$49,640.30	\$15,840.00	\$ 76,922.00
27	\$8,057.85	\$ 38.47	\$ 170.20	\$52,196.30	\$ 9,900.00	\$ 70,362.80
28	\$8,057.85	\$ 38.47	\$3,519.00	\$52,196.30	\$ 3,712.50	\$ 67,524.10
29	\$8,057.85	\$ 2.14	\$3,519.00	\$89,400.80	\$21,037.50	\$ 122,017.00
30	\$8,021.53	\$ 38.46	\$3,519.00	\$90,480.80	\$16,087.50	\$ 118,147.00
31	\$8,021.53	\$ 38.46	\$1,644.75	\$91,989.50	\$11,385.00	\$ 113,079.00
32	\$8,021.53	\$ 38.46	\$4,993.55	\$91,989.50	\$ 4,702.50	\$ 109,746.00
33	\$8,021.53	\$ 38.46	\$4,993.55	\$73,764.50	\$20,047.50	\$ 106,866.00
34	\$8,021.53	\$ 38.46	\$4,993.55	\$74,402.00	\$16,830.00	\$ 104,286.00
35	\$8,021.53	\$ 38.46	\$4,993.55	\$74,402.00	\$12,622.50	\$ 100,078.00

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

36	\$8,021.53	\$ 38.46	\$4,993.55	\$74,402.00	\$ 6,682.50	\$ 94,138.10
-----------	------------	----------	------------	-------------	-------------	---------------------

Tabla A5.3. Tabla de verificación del modelo programado parte 3.

Mes	Proceso 1	Utilización de la capacidad del proceso 1	Proceso 2	Utilización de la capacidad del proceso 2	Proceso 3	Utilización de la capacidad del proceso 3
0	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
1	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
2	0	0.00%	0	0.00%	790	98.75%
3	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
4	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
5	0	0.00%	914	89.26%	0	0.00%
6	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
7	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
8	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
9	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
10	0	0.00%	0	0.00%	705	88.13%
11	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
12	1464	97.60%	0	0.00%	0	0.00%
13	0	0.00%	705	68.85%	0	0.00%
14	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
15	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
16	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
17	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
18	0	0.00%	0	0.00%	705	88.13%
19	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación, utilizando simulación

20	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
21	0	0.00%	705	68.85%	0	0.00%
22	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
23	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
24	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
25	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
26	0	0.00%	0	0.00%	720	90.00%
27	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
28	1410	94.00%	0	0.00%	0	0.00%
29	0	0.00%	720	70.31%	0	0.00%
30	0	0.00%	0	0.00%	425	53.13%
31	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
32	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
33	0	0.00%	425	41.50%	0	0.00%
34	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
35	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
36	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%

Tabla A5.4. Tabla de verificación del modelo programado parte 4.

Mes	Inventario producto terminado en anaquel	Faltante de producto demandado por el cliente	Demanda del cliente en anaquel	Nivel de servicio
0	70	0	1	100%
1	435	0	66	100%
2	345	0	156	100%
3	290	0	211	100%

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

4	165	0	336	100%
5	405	0	431	100%
6	315	0	521	100%
7	200	0	636	100%
8	130	0	706	100%
9	410	0	796	100%
10	325	0	881	100%
11	240	0	966	100%
12	160	0	1046	100%
13	390	0	1156	100%
14	290	0	1256	100%
15	225	0	1321	100%
16	135	0	1411	100%
17	415	0	1496	100%
18	325	0	1586	100%
19	215	0	1696	100%
20	115	0	1796	100%
21	405	0	1891	100%
22	335	0	1961	100%
23	235	0	2061	100%
24	165	0	2131	100%
25	415	0	2216	100%
26	320	0	2311	100%
27	200	0	2431	100%
28	75	0	2556	100%

Diseño de cadenas de suministro en micro y pequeñas empresas en etapa de incubación,
utilizando simulación

29	425	0	2631	100%
30	325	0	2731	100%
31	230	0	2826	100%
32	95	0	2961	100%
33	405	0	56	100%
34	340	0	3121	100%
35	255	0	206	100%
36	135	0	3326	100%

Tabla A5.5. Tabla de verificación del modelo programado parte 5.